

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto



O Novo Desafio dos NZEBs (Nearly Zero Energy Buildings)

Daniel Fernando de Queiroz Portela Mendes de Figueiredo

Dissertação realizada no âmbito do
Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores
Major Energia

Orientador: Professora Maria Teresa Costa Pereira da Silva Ponce de Leão

Junho 2018

© Daniel Fernando Figueiredo, 2018

Resumo

O conceito *Nearly Zero Energy Building* (NZEB), infraestruturas de balanço energético quase zero, está a revolucionar o modo como olhamos para os edifícios e o seu impacto no nosso planeta.

Uma das principais preocupações atuais está relacionada com a utilização insustentável de recursos energéticos de origem meramente fóssil. De um modo geral, os edifícios são os principais responsáveis por uma grande parte do consumo energético mundial, e por este motivo, tornou-se evidente a necessidade de desenvolver meios para que os consumos de energia sejam mais reduzidos. Neste contexto surgiu o conceito NZEB.

Fábricas, armazéns, edifícios comerciais, empresariais e residenciais, construídos com um propósito de aliar o conforto e bem-estar de quem os usa à baixa fatura energética dos mesmos. Por outras palavras, maior nível de sustentabilidade energética possível num edifício, maior conforto.

Os NZEBs são uma nova forma de estruturação e organização das infraestruturas que visa em resolver os problemas das edificações em geral do mundo inteiro. Só na Europa 40% do consumo energético advém dos Edifícios. [1] A redução desta percentagem terá consequências positivas quer a nível de cumprimento dos compromissos estipulados pela União Europeia (Protocolo de Kyoto e o mais recente Acordo de Paris) quer a nível financeiro.

No entanto, o maior desafio não será a aplicação do conceito NZEB, mas sim o caminho para lá chegar. Isto porque os 40% de gasto energético Europeu referidos, é referente a edifícios já existentes e a decisão de apenas passar a construir edifícios classificados como NZEB não resolverá o problema na sua totalidade. Será também necessário, aplicá-lo aos edifícios atuais e mesmo que estes não sejam facilmente adaptáveis, devido à sua própria estrutura e/ou o seu valor arquitetónico e cultural, deve existir alguma forma, por menor que seja, de aplicar soluções inerentes a este conceito. Cada percentagem de poupança conseguida é um passo no caminho de uma economia sustentável.

É objetivo desta dissertação abordar o conceito NZEB em edifícios já construídos e com constrangimentos socioeconómicos e culturais. É importante desmistificar este conceito e estabelecer soluções, requisitos e planos de ação, por mais simples ou complexos que estes sejam.

Numa época de crescente de colaboração financeira em relação à sustentabilidade, a aplicabilidade NZEB em edifícios, novos ou antigos, deve ser uma realidade e não apenas um conceito.

Abstract

The concept of Nearly Zero Energy Building (NZEB), infrastructures with an energy balance almost close to zero, is revolutionizing the way we look to buildings and their impact in our Planet.

One of the main actual concerns is related to the unsustainable use of energy resources from fossil fuels. In a general sense, buildings are the responsible of a big share of electric consumption around the world and for this reason, it has become clear of the necessity of developing ways to diminish energy consumption. In this context, NZEB emerged.

Factories, warehouses, commercial, business and residential buildings, constructed in a way of joining together the comfort and well-being of those who use them with the lowest electrical bill possible. In other words, bigger level of electrical sustainability possible, bigger comfort.

The NZEBs are a new way of structuring and organizing infrastructures that aims in solving the problems with buildings around the world. In Europe alone, 40% of the energetic consumption comes from buildings. [1] The reduction of this percentage will have positive consequences in a level of execution of the commitments made by the Europe Union (Kyoto Protocol and the most recent Paris Agreement) and in a financial level.

However, the biggest challenge is not to apply the concept of NZEB, but the way to accomplish it. This because the 40% of electrical consumption is referred to already existing buildings and the decision of only constructing new ones classified as NZEB won't solve all the problems. It's also needed to apply this concept in actual buildings, and even if they aren't easily adapted because of its structure and/or it's architectonic and cultural value, there must be a way, however small it is, of applying solutions inherent to this concept. Each percentage of energy saving is a step closer in the way of a sustainable economy.

It's the goal of this dissertation to approach the concept NZEB in buildings already constructed and with socioeconomics and cultural constraints. It is important to demystify this concept and to establish solutions, requisitions and plans of action, however simple or complex that they may be.

In a time of rising financial aid in the matters of sustainability, the applicability of the NZEB in buildings, new or old, must be a reality and not only a concept.

Agradecimentos

A ti que me motivas todos os dias e que espero sempre poder fazer orgulhoso, meu 'Soba'.

Às minhas mães/irmãs, Raquel e Mafalda, por todo o carinho e ajuda nas alturas mais difíceis.

A todos os meus amigos que me acompanharam e motivaram nestes anos todos.

À disponibilidade, sempre que precisei, da minha orientadora Maria Teresa Ponce de Leão.

Índice

Resumo	iii
Abstract.....	v
Agradecimentos	vii
Índice.....	ix
Lista de figuras	xi
Lista de tabelas	xiii
Abreviaturas e Símbolos	xiv
Capítulo 1	15
1. Introdução	15
1.1 - Enquadramento do Projeto e Motivação.....	15
1.2 - Objetivos do Projeto	16
1.3 - Estrutura da Dissertação.....	17
Capítulo 2 - Contextualização do Tema	19
1. O que são os NZEBs	19
1.1. Introdução.....	19
1.2. Estruturação	20
2. Técnicas e Tecnologias do Conceito NZEB	21
1.1. Métodos Passivos	21
1.1.1. Vegetação	21
1.1.2. Isolamento térmico.....	23
1.2. Massa Térmica	25
1.2.1. Fenestração	26
1.2.2. Luz Natural.....	28
1.2.3. Sombreamento	29
1.2.4. <i>Cool Roof</i>	30
1.2.5. Ventilação Natural.....	31
1.2.6. Arrefecimento através de evaporação	32
1.3. Métodos Ativos	33
1.3.1. AVACs	33
1.3.1.1. Refrigeração.....	34
1.3.1.2. Aquecimento	35
1.3.1.3. Coletores Solares e Ar Condicionado.....	35
1.3.1.4. Sistema de Refrigeração Dissecante	37
1.3.1.5. Trigerção - Do lixo ao aquecimento	38
1.3.1.6. Sistema de Arrefecimento Radiante	39
1.3.1.7. Sistema de bomba térmica de fonte subterrânea (GSHP).....	40
1.3.1.8. Operação e Manutenção de um sistema AVAC	41
1.3.2. <i>Light Emitting Diodes</i> - LEDs.....	41
1.3.3. Produção de Energia Renovável	43
1.3.3.1. Produção Fotovoltaica	43
1.3.3.2. Funcionamento e Constituição de um Sistema Fotovoltaico.....	43
1.3.3.2.1. Alternativas - Painéis de Película Fina	46

1.3.3.2.2.	Novas Alternativas - Painéis Transparentes	47
1.3.3.3.	Biomassa	48
3.	Exemplo de NZEBs já existentes	50
3.2.	Climas Quentes.....	50
3.2.1.	ENERPOS - Énergie Positive	50
3.2.2.	ZEB@BCA Academy	51
3.3.	Climas Temperados.....	53
3.3.1.	Solar XXI	53
3.3.2.	Green Office	54
3.4.	Climas Frios.....	55
3.4.1.	Centro de dia “Die Sprösslinge”	55
3.4.2.	Marché Kempthal	56
4.	Panorama Geral de Financiamento e Legislação	57
1.1.	União Europeia	57
1.1.1.	Energias Limpas para todos os Europeus	57
1.1.2.	Dar prioridade à eficiência energética	58
1.1.2.1.	Investimento Inteligente para Edifícios Inteligentes.....	59
1.1.2.2.	Acelerar o recurso a energias limpas	60
1.2.	Portugal	61
1.2.1.	Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética	62
1.2.1.1.	Fundo de Eficiência Energética	62
1.2.1.2.	Plano de Promoção da Eficiência no Consumo de Energia Elétrica.....	63
1.2.1.3.	Fundo Português do Carbono	63
1.2.1.4.	Portugal 2020	64
Capítulo 3 - Caso de Estudo.....		65
1.	Casa da Música.....	65
1.1.	Introdução e História.....	65
1.2.	Características Gerais.....	66
1.2.1.	Sala Suggia	66
1.3.	Características Técnicas.....	67
1.3.1.	Horário de Funcionamento da Casa da Música.....	67
1.3.2.	Consumo Energético.....	68
1.3.3.	Iluminação	70
1.4.	Análise do Caso de Estudo	70
2.	Propostas para o Caso de Estudo	72
1.1.	Proposta Passiva - Telhados Verdes	72
1.1.1.	Terracell - Projeto XEROFLOR.....	74
1.1.1.1.	Custos e Orçamento	74
1.1.2.	Efeitos da sua Implementação	75
1.2.	Proposta Ativa - Sistema Fotovoltaico	75
1.2.1.	Análise Técnica	76
1.2.2.	Planeamento.....	77
1.2.3.	Cálculo e escolha dos instrumentos a utilizar	78
1.2.3.1.	Painel Fotovoltaico	78
1.2.3.2.	Inversor	78
1.2.4.	Estimativa de custos para o Sistema Fotovoltaico (sem cablagem)	80
1.2.5.	Simulação da produção energética e o seu possível retorno.....	80
1.3.	Conclusões e Considerações Finais	82
Referências		83
ANEXO A - Brochura XEROFLOR.....		85
ANEXO B - Orçamento XEROFLOR.....		86

Lista de figuras

Capítulo 2

Figura 1 - Gráfico com explicação simples da característica NZEB [1].....	20
Figura 2 - Edifício ENERPOS [12].....	50
Figura 3 - ZEB@BCA Academy com indicações de alguns sistemas usados [12]	51
Figura 4 - Parte do SOLAR XXI com painéis Fotovoltaicos na sua fachada [12]	53
Figura 5 - Edifício Green Office, Paris, França [12].....	54
Figura 6 - Centro de Dia “Die Sprösslinge” [12]	55
Figura 7 - Edifício Marché Kempthal [12]	56
Figura 8 - Edifício de referência para uma expansão do aeroporto de Málaga, Espanha.....	21
Figura 9 - Ilha de calor urbano e a influência da vegetação	22
Figura 10 - Representação da árvore de folha caduca num edifício [13]	23
Figura 11 - Tipos de Materiais PCM existentes	24
Figura 12 - Explicação Ilustrativa com uso de Chaminé Solar para controlar a circulação de correntes frias e quentes durante o dia e noite	26
Figura 13 - Transmissão de calor num vidro simples e suas percentagens resultantes	27
Figura 14 - Fator de Luz Natural, equivalente à soma da luz difusa do céu (SC), luz refletida internamente (IRC) e luz refletida externamente (ERC)	28
Figura 15 - Orientações possíveis de mecanismos de sombreamento e as áreas provenientes destas (HSA - Área de sombreamento horizontal, VSA - Área de sombreamento vertical.....	29
Figura 16 - Gaveta de luz difusa (cima), refletiva (meio), sem gaveta (baixo).....	30
Figura 17 - “Zona de vida”, delimitada por 2 metros e localização correta de saída e entrada de ar numa divisão	31
Figura 18 - Disposições possíveis de aberturas a se fazer numa divisão para uma melhor circulação natural do ar.....	32
Figura 19 - Representação do aproveitamento de recursos hídricos para arrefecimento num edifício.....	32
Figura 20 - Aparelho de Ar Condicionado em um só sistema	34
Figura 21 - Aparelho de Ar Condicionado em sistema dividido	34
Figura 22 - Representação de um sistema AVAC Centralizado	35

Figura 23 - Diagrama de um sistema AVAC com aproveitamento solar.....	36
Figura 24 - Diagrama de um Sistema de Refrigeração Dissecante.....	37
Figura 25 - Diagrama do Sistema de Trigeriação	38
Figura 26 - Diagrama de um sistema de arrefecimento radiante.....	39
Figura 27 - Diagrama de um Sistema de Bomba Térmica com Fonte Subterrânea	40
Figura 28 - Esquema de funcionamento de um LED.....	42
Figura 29 - Célula Monocristalina (Esquerda) e Célula Policristalina (Direita) [17]	43
Figura 30 - Diagrama de funcionamento de uma célula fotovoltaica.....	44
Figura 31 - Diagrama simplificado de um sistema fotovoltaico.....	45
Figura 32 - Exemplo de Painéis de Película Fina	46
Figura 33 - Exemplo de aplicação de painéis fotovoltaicos transparentes	48
Figura 34 - Diagrama de produção de Biodiesel	49
Figura 35 - Números relativos ao programa ‘Pacto de Autarcas’	60
 Capítulo 3	
Figura 1 - Foto da Casa da Música em Construção	65
Figura 2 - Casa da Música do Porto	66
Figura 3 - Palco da Sala Suggia	67
Figura 4 - Lado do telhado a implementar o Telhado Verde. Fotografia tirada em junho de 2018, no horário de maior exposição solar	73
Figura 5 - Representação em Photoshop do aspeto de uma implementação básica de Telhado Verde	73
Figura 6 - Exemplo de um Telhado Verde com sistema semelhante. Projeto <i>Sherway Gardens Shopping Centre Expansion, Toronto, Canadá</i>	74
Figura 7 - Aspeto visual possível da distribuição dos painéis.....	76
Figura 8 - Vista aérea da Casa da Música com representação em amarelo da área proposta a implementar o Sistema Fotovoltaico	77
Figura 9 - Interface do Software utilizado para simulação	80

Lista de tabelas

Capítulo 2

Tabela 1 – Características Térmicas de PCM Orgânicos 25

Tabela 2 – Características Térmicas de PCM Inorgânicos 25

Tabela 3 – Comparação entre os diferentes tipos de iluminaria 42

Capítulo 3

Tabela 1 – Consumo médio Anual da Casa da Música por Períodos Horários 68

Tabela 2 – Ciclo Semanal para todos os fornecimentos em Portugal Continental. 69

Tabela 3 – Cálculo de custos 80

Abreviaturas e Símbolos

CE	Comissão Europeia
CQNUAC	Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre as Alterações Climáticas
DGEG	Direção Geral de Energia e Geologia
ERSE	Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos
FEE	Fundo de Eficiência Energética
FPC	Fundo Português de Carbono
NZEB	<i>Nearly Zero Energy Building</i>
PCM	<i>Phase Change Material</i>
PE	Parlamento Europeu
PNAEE	Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética
PPEC	Plano de Promoção da Eficiência no Consumo de Energia
UE	União Europeia
SEE	Sistema Elétrico de Energia

Capítulo 1

1. Introdução

1.1 - Enquadramento do Projeto e Motivação

O papel de um Engenheiro Eletrotécnico na área das Energias vai para além de produzir, transportar e fornecer energia. O mesmo deve ter o sentido crítico de criar e procurar soluções de poupança de energia nos desafios a que se depara. Ter a decisão de formas e métodos em como uma infraestrutura pode ser mais eficiente e consequentemente uma maior poupança energética, é algo que deve ser uma prioridade.

O interesse por uma poupança energética não está apenas relacionado com a redução de custos, apesar de este ser uma base sólida e apelativa para o financiamento. Estamos a falar de uma mudança de todo o impacto que um edifício pode deixar de ter no meio ambiente.

Apesar do crescente uso de produção alternativa e renovável, os combustíveis fósseis representam uma grande fatia do consumo energético global, cerca de 70% [1]. Gás natural, petróleo e carvão são três das matérias primas mais poluentes ao longo do seu ciclo de vida. Se um edifício necessita de energia para o seu funcionamento, seja a nível AVAC (Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado), em iluminação ou em todos os diversos equipamentos elétricos, a poupança de energia, faz com que a necessidade de recorrer a eletricidade proveniente destas diminua.

A União Europeia(UE), uma das organizações que mais tem vindo a impulsionar o desenvolvimento sustentável e o aumento da utilização de Energias Renováveis, já antes do Acordo de Paris, tem reunido esforços para criar medidas e planos de ação, com o intuito de diminuir o seu impacto no meio ambiente. É exemplo disso o objetivo da redução de consumo de energia da UE publicado no dia 19 de maio de 2010 na diretiva 2013/31/UE sobre o desempenho energético dos edifícios. Com isto, a UE mantém o cumprimento das diretrizes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre as Alterações Climáticas (CQNUAC) estabelecidas no Protocolo de Quioto com objetivo de manter a subida da temperatura global abaixo dos 2°C e o seu compromisso de reduzir até 2020 as emissões globais de gases de efeito de estufa em pelo menos 20%, em relação aos níveis de 1990, ou em 30% no caso de se alcançar um acordo internacional [1], Acordo de Paris.

Este Acordo veio trazer objetivos promissores no que toca a utilização, produção e sustentabilidade de energia. Metas como redução de 40% das emissões de carbono até 2030[3]

e 30% de Eficiência Energética [4], obrigaram à criação de planos de ação, nomeadamente em alguns sectores como:

- **Produção elétrica** - enquadramento de futuras implementações de Energias Renováveis;

- **Edifícios** - construção, climatização, sustentabilidade;

- **Transportes** - Descarbonização e diversificação;

- **Consumidores/clientes** - habilitação e informação (Microgeração p.e.);

Como 40% da energia utilizada na UE advém dos edifícios, esta é uma área promissora para que os objetivos a que esta se comprometeu sejam cumpridos a tempo. Áreas como a climatização passiva (isolamento, construção), ativa (AVACs) e o consumo energético, com possível autoprodução, são promissoras no que toca ao grande conjunto de ações que podem ser tomadas com vista a diminuir quer o consumo energético do edifício, quer as emissões de carbono. Estes edifícios, com reduzido consumo energético e geração energética local, são por isso designados NZEB, sendo esta forma de projeção de edifícios estabelecida pela UE como obrigatória para todas as novas edificações a partir de 2020. Os edifícios do Estado vão ser os primeiros a ter que dar o exemplo, dois anos antes, em 2018. [1]

Está previsto a partir de 2021 um investimento tanto público como privado de mais de 177 mil milhões anuais na área das energias renováveis e na sustentabilidade. Este financiamento irá permitir um aumento de 1% do PIB ao longo da próxima década por toda a União Europeia e assim criar quase um milhão de postos de trabalho [5]. Como tal, isto trará também consequências positivas até 2030, com uma redução prevista de 43% nas emissões de carbono [6] quando comparado com a atualidade. [7]

O uso de Energias Renováveis aumentou 29% e conta com quase 85% dos investimentos a nível de geração energética por parte da Europa. Com isto, o custo de tecnologias para este tipo de produção viu uma diminuição no seu preço de custo em quase 80% na energia solar e entre 30 a 40% na eólica (entre 2009 e 2015 [6]). Esta progressiva redução traz uma maior competitividade no sistema elétrico de energia (SEE) e afirma o lugar, cada vez mais abrangente, da produção renovável. [8]

A climatização é também uma área que necessita de grandes mudanças. A Europa conta com uma grande fatia da sua energia utilizada no sector de aquecimento e refrigeração. Com 75% desta a depender ainda de combustíveis fósseis e o motivo de 68% das importações de gás natural, tudo combinado traduz numa fatura anual para a União Europeia de 44 mil milhões de euros [9].

1.2 - Objetivos do Projeto

Com o projeto pretende-se uma melhor compreensão do conceito NZEB e a sua aplicabilidade num edifício já existente com elevado carácter cultural.

O desafio do NZEB acaba por não ser restrito apenas à construção de novos edifícios, visto não ser a solução mais viável para a concretização dos objetivos pretendidos quer a nível nacional quer a nível europeu e mundial, mas sim, de acordo com esta dissertação, a forma de como conseguimos adaptar determinados edifícios que apresentem maiores dificuldades ou impedimentos na implementação deste conceito.

Para o caso de estudo, foi selecionado a Casa da Música do Porto, edifício emblemático da cidade do Porto e da arquitetura contemporânea, projetado pelo arquiteto holandês Rem Koolhaas e inaugurado em 2005.

Sendo este edifício uma das melhores salas de espetáculo a nível acústico da Europa e do Mundo, conciliar a importância do edifício e as restrições do mesmo, no que diz respeito ao enquadramento arquitetónico, com a aplicação de técnicas ativas e/ou passivas de poupança e produção de energia, torna a resolução deste desafio diminuta em termos de planos de ação. Por este motivo, procura-se com este trabalho, aliar a excelência cultural e arquitetónica da Casa da Música do Porto ao conceito NZEB e, deste modo, garantir que o edifício mantenha toda a sua história e todo o seu valor, privilegiando ao mesmo tempo os passos para o acompanhamento destes novos cenários de sustentabilidade.

1.3 - Estrutura da Dissertação

Esta dissertação procura tornar viável a aplicação de técnicas NZEB num edifício já existente, com elevado carácter cultural. Como tal, o trabalho foi dividido em duas partes, Contextualização e Caso de Estudo.

A Contextualização, consistirá numa pesquisa e recolha de informação pertinente para trazer uma resolução viável e aceitável para ambas as partes, empresa e cliente. Esta será organizada da seguinte forma:

- 1 - O que são os NZEB, em que consiste e quais os exemplos deste género de edifícios;
- 2 - Legislações, financiamento e o panorama geral dos NZEB na União Europeia e em Portugal;
- 3 - Seleção de técnicas, ativas e passivas, usadas para a redução do consumo energético do edifício;

A parte do Caso de Estudo consistirá numa análise do mesmo, seguida de exemplos possíveis de aplicação NZEB. Será organizado da seguinte forma:

- 1 - Apresentação do caso de Estudo, caracterização geral e informações energéticas
- 2 - Propostas e transformações para o caso de estudo.

Capítulo 2 - Contextualização do Tema

1. O que são os NZEBs

1.1. Introdução

Os Edifícios ao longo da nossa história foram evoluindo com ela. A introdução da eletricidade e a evolução da iluminação para a mesma contribuíram para a redução, sobretudo nos anos 1950 e 1970, do tamanho das áreas envidraçadas. Isto devido ao crescimento do uso de luz artificial. [10]

Na chegada dos anos 80, vieram as janelas de vidros duplos e com elas a conclusão de que espaços envidraçados de maiores dimensões (mais de 60% da fachada em questão), criam um efeito de isolamento e de estufa propício para reduzir as transferências de calor e otimizar a transmissão de radiação solar. [10]

No entanto, é a partir do século 21 que o potencial da radiação solar na superfície dos edifícios começou a ser explorado no intuito de satisfazer as necessidades energéticas em geral dos mesmos. Contribuindo assim progressivamente na ideia de edifícios a quase zero energia (NZEB), sendo cada vez mais possível em muitas regiões do planeta. Um edifício a quase zero energia é normalmente definido como aquele que, em média, anualmente, produz tanta energia, a partir de fontes renováveis, como aquela que consome. [10]

A luz solar é um dos elementos fulcrais e mais aproveitado numa projeção NZEB. Desde aquecimento de água até secar roupa, no que toca a aquecimento há muito para se aproveitar desta principal fonte renovável. A própria produção de energia a partir deste tem sido visto com o passar dos últimos anos um desenvolvimento tecnológico e descida acentuada redução de custos, quase 90% por watt produzido só nos últimos 10 anos [10]. Facilitando cada vez mais assim o avanço para edificações mais sustentáveis de NZEB e para o objetivo da possibilidade de edifícios em que o balanço entre a energia produzida e a consumida seja de 0 kWh/m² anualmente.

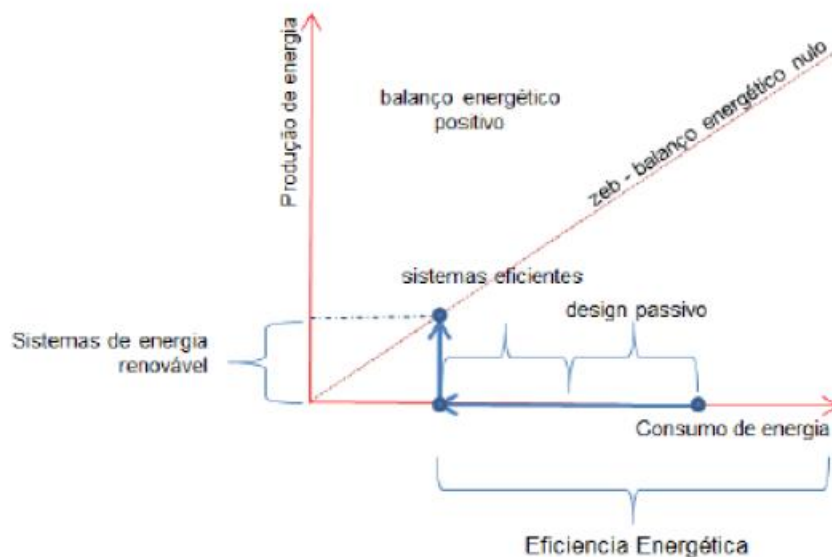


Figura 1 - Gráfico com explicação simples da característica NZEB [2].

1.2. Estruturação

Um NZEB é um edifício no qual se deve comungar tanto soluções passivas como ativas no intuito de se chegar ao objetivo pretendido. É, portanto, imperativo ter em atenção algumas características e desafios deste conceito.

- **Fabrico e parte envolvente do edifício** - Otimização de design passivo e integração de sistemas ativos de aproveitamento solar;

- **AVACs** - Pequenos sistemas AVACs controlados integrados com sistemas de aproveitamento solar combinado de aquecimento e produção de energia;

- **Sistemas de geração renovável** - Devem ser totalmente integrados, seja produção fotovoltaica, aquecimento solar ou ambos, sistemas geotérmicos, biodiesel;

- **Sistemas automáticos** - Centros de controlo geral para otimizar o próprio edifício seja a nível de previsões, a nível de controlo energético ou a redução da demanda energética do edifício;

- **Operação e Design** - Integração e otimização num só sistema de todos os aspetos acima referidos havendo sempre atenção ao próprio design do edifício;

Não existe, no entanto, uma abordagem padrão comum para a projeção deste tipo de edifícios apesar destas abordagens necessárias. É sim necessário para tal, ter em consideração as necessidades energéticas da infraestrutura em questão, apostar em equipamentos e iluminação eficientes e, sendo possível, adotar soluções passivas que garantam o máximo aproveitamento dos recursos a utilizar para o conforto das pessoas no edifício, seja a nível energético, seja a nível térmico. Deve-se ter em atenção também que nem todos os edifícios permitem uma transformação NZEB dos mesmos e nem todos os locais do mundo são propícios para a construção de tais projetos. Razões como questões climáticas extremas, fatores arquitetónicos, são exemplos de impedimentos para o total aproveitamento NZEB. Não impedindo claro está, de se aproveitar o máximo possível de certos conceitos e medidas de NZEB.

2. Técnicas e Tecnologias do Conceito NZEB

As técnicas existentes no conceito NZEB abrangem um grande leque de alternativas desde áreas envidraçadas a grandes espaços verdes.

Existem duas grandes áreas na característica NZEB. Os métodos passivos, onde a arquitetura e disposição do edifício juntamente com o aproveitamento das condições onde o mesmo está inserido proporcionam um baixo consumo. Os métodos ativos, sistemas e tecnologias que complementam os anteriores métodos.

1.1. Métodos Passivos

1.1.1. Vegetação



Figura 2 - Edifício de referência para uma expansão do aeroporto de Málaga, Espanha

A presença de vegetação num edifício é capaz de influenciar o seu interior através de efeito de sombreamento e controlo de temperatura. A primeira, por assim dizer, influencia a segunda, pois com o efeito de sombra nas fachadas, a vegetação reduz os ganhos de calor destas criando uma maior sensação de conforto no seu interior e potenciando a redução de energia usada para climatização. O efeito de sombreamento também funciona nas imediações do próprio edifício, permitindo assim que as zonas circundantes como parques de estacionamento, pavimentos, alcatrão, etc. não sofram grandes aumentos de temperatura e eventualmente criem um efeito de ilha de calor urbano. [13]

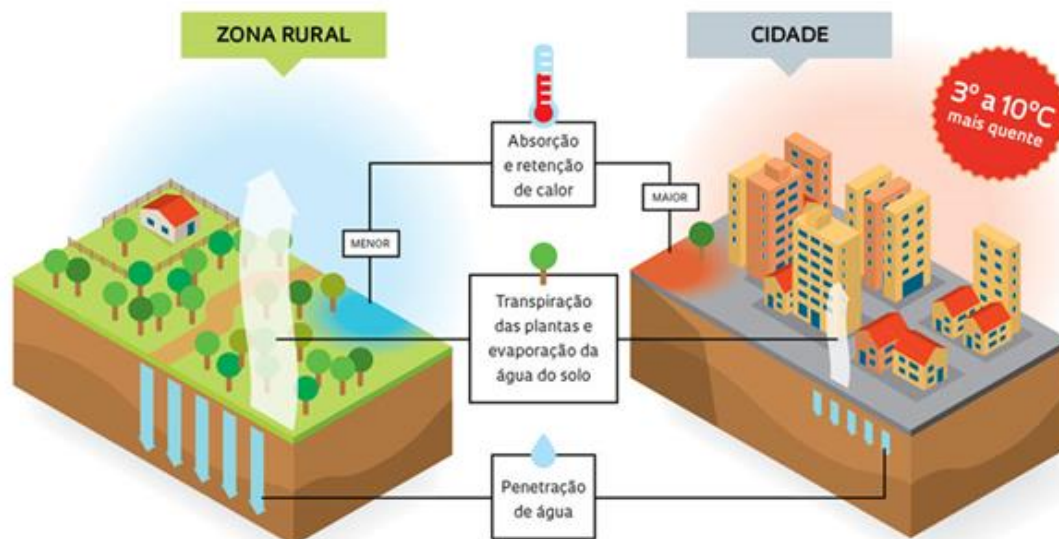


Figura 3 - Ilha de calor urbano e a influência da vegetação

As formas de aplicação de vegetação em edifícios podem ser de 2 formas, circundantes, através de árvores que permitam o efeito de sombreamento ou telhados/paredes verdes, onde a implementação de plantas de menores dimensões quer nas fachadas e/ou no telhado permitem uma melhor regulação da temperatura no seu interior e ajudam no isolamento acústico.

A temperatura do ar ambiente é possível de reduzir devido a um fenómeno chamado evapotranspiração. Está provado que este fenómeno de evaporação da água dos solos e a transpiração da mesma nas plantas pode provocar uma baixa de temperatura de 2 a 2,5 °C debaixo de uma árvore ou no interior de uma casa em comparação com as áreas circundantes à mesma. [13]

Um bom exemplo de vegetação para locais temperados como Portugal, são as árvores de folha caduca, em que estas, com a falta de vegetação no Inverno, permitem o edifício absorver maior radiação solar e aproveitar o mesmo para aumentar a temperatura interior. Com a chegada do Verão e as temperaturas maiores, a vegetação deste tipo de árvores já passa a reduzir as áreas de exposição do edifício à radiação solar, permitindo a redução do seu ganho de calor.

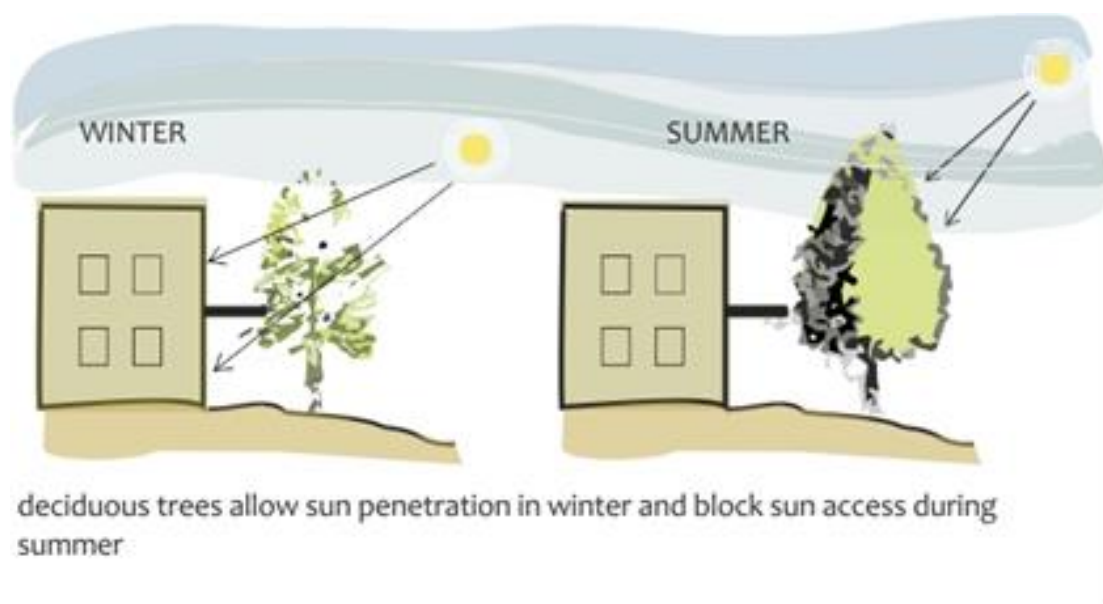


Figura 4 - Representação da árvore de folha caduca num edifício [13]

1.1.2. Isolamento térmico

Esta técnica passiva reduz a transferência de calor entre o interior e o exterior de um edifício e ajuda a manter uma temperatura interior confortável. Como tal, a fatura energética diminui com uma boa técnica de isolamento, mantendo o interior do edifício quente no inverno e fresco no verão [13].

A maneira mais comum de caracterizar o nível de isolamento é o R-Value (ou valor-R), Resistência Térmica de um tipo de material por unidade de área, $m.K/W$. Ou seja, quando maior o valor R, maior será o isolamento desse material.

Existem vários géneros materiais, dos sintéticos aos orgânicos, para se utilizar com esta finalidade. No entanto, os mais usuais são a fibra de vidro, celulose e lã mineral[13]:

- Fibra de vidro:** o mais popular isolante térmico disponível nos dias de hoje devido ao seu baixo custo e boa eficiência com (*R-Value* entre 17 a 35). Pode ser vendido tanto em folhas/rolos ou em enchimento solto. O primeiro é utilizado maioritariamente entre vigas nas paredes e chão. O segundo tipo é mais utilizado nos telhados, podendo ser depositado entre as cavidades das paredes;

- Celulose:** isolamento do tipo enchimento solto, pode ser de dois géneros, seco ou húmido. Feito através de papel reciclado é a opção mais ecológica e amiga do ambiente no que toca a este assunto. Resistente ao fogo, bolor e não comestível a insectos, mais barata que a fibra de vidro e com *R-Value* entre os 20 e 26. O seu uso ajuda na redução de desperdício de papel.

- Lã Mineral:** uma fibra isolante como a fibra de vidro mas feita de materiais naturais, consiste em dois géneros, lã de rocha, fibras feitas de pedras naturais, basalto ou diábase (por exemplo), ou lã de escória que é feita através dos resíduos provenientes das limpezas de minerais como o ferro. É naturalmente resistente à humidade retendo as suas qualidades de isolante mesmo quando molhado, ótimo isolante sonoro e com *R-value* entre os 17 e 27.

Existe outro tipo de material mais recente e inovador, referido nos exemplos de NZEBs, para isolamento de fachadas chamados PCM, Phase Change Material, ou Materiais de Mudança de Fase, estes materiais são assim chamados devido a aquando a sua mudança de fase, esta libertar quantidades de energia capazes de aumentar ou diminuir a temperatura do local onde está inserido. “A formação e a quebra de ligações intermoleculares são a base do funcionamento destes materiais, que, por conseguinte, absorvem e libertam energia, sob forma de calor, do e para o meio.” [14]. Os pontos de mudança de fase dependem sempre do tipo de material, havendo uma grande escolha para os vários níveis de temperatura pretendidos.

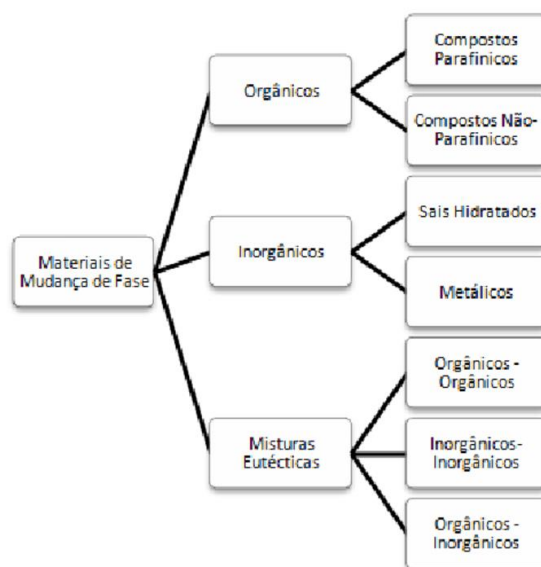


Figura 5 - Tipos de Materiais PCM existentes

O processo, de forma simples, processa-se da seguinte forma:

- **Temperatura ambiente aumenta até ao ponto projetado do material** - fase do material passa a líquida e este armazena o calor mantendo assim a temperatura no interior do edifício constante;

- **Temperatura ambiente diminui até ao ponto projetado do material** - fase do Material passa a sólida libertando calor e mantendo assim a temperatura no interior do edifício constante.

Tabela 1 – Características Térmicas de PCM Orgânicos

Composto	Temperatura de fusão (°C)	Entalpia de fusão (kJ/kg)
Estearato de Butilo	19	140
Parafina C ₁₆ - C ₁₈	20-22	152
Parafina C ₁₃ - C ₂₄	22-24	189
Dodecanol	26	200
Tetradecanol	38	205
Parafina C ₁₈ (45-55%)	28	244

Tabela 2 – Características Térmicas de PCM Inorgânicos

Composto	Temperatura de fusão (°C)	Entalpia de fusão (kJ/kg)
Nitrato de Manganésio hexahidratado	25,8	125,9
Nitrato de zinco Hexahidratado	36,4	147
Cloreto de cálcio hexahidratado	29	190
Flureto de potássio tetrahidratado	18,5	231
Sulfato de sódio decahidratado	32	251
Nitrato de lítio trihidratado	30	296

1.2. Massa Térmica

A massa térmica ajuda a armazenar o nível de calor dentro da estrutura de um edifício e moderar as flutuações da temperatura no seu interior. Usada de forma correta, esta pode ajudar a manter o conforto térmico para os utilizadores do mesmo. Daí que os materiais utilizados no edifício, seja a nível de enviaçados, seja a nível de isolamento devem ser muito bem escolhidas para se evitar ao máximo o consumo de energia através de AVACs para o

controle da temperatura interior e assim conseguir-se chegar às características de um NZEB. [13]

Massa e densidade dos materiais utilizados na construção de um edifício afeta significativamente a sua capacidade de armazenamento de calor. Materiais de alta densidade como alcatrão, tijolo e pedra têm uma grande massa térmica, enquanto que materiais como a madeira ou o plástico têm uma massa térmica mais reduzida. A eficácia da utilização de qualquer um destes materiais diz respeito à quantidade de luz solar incidente na localização dos mesmos. [13]

Este fenómeno, pode ser controlado através de correntes de convecção noturnas que de si são de temperaturas mais baixas que as de dia. Ou seja, de forma estratégica e passiva, é possível diminuir a temperatura do edifício drasticamente para que a diferença entre a temperatura durante o dia e durante a noite seja maior. Desta forma, o aquecimento durante o dia por parte da radiação solar é mais demoroso, fazendo com que as temperaturas máximas, p.e. em dias de Verão, num edifício não sejam tão elevadas. [13]

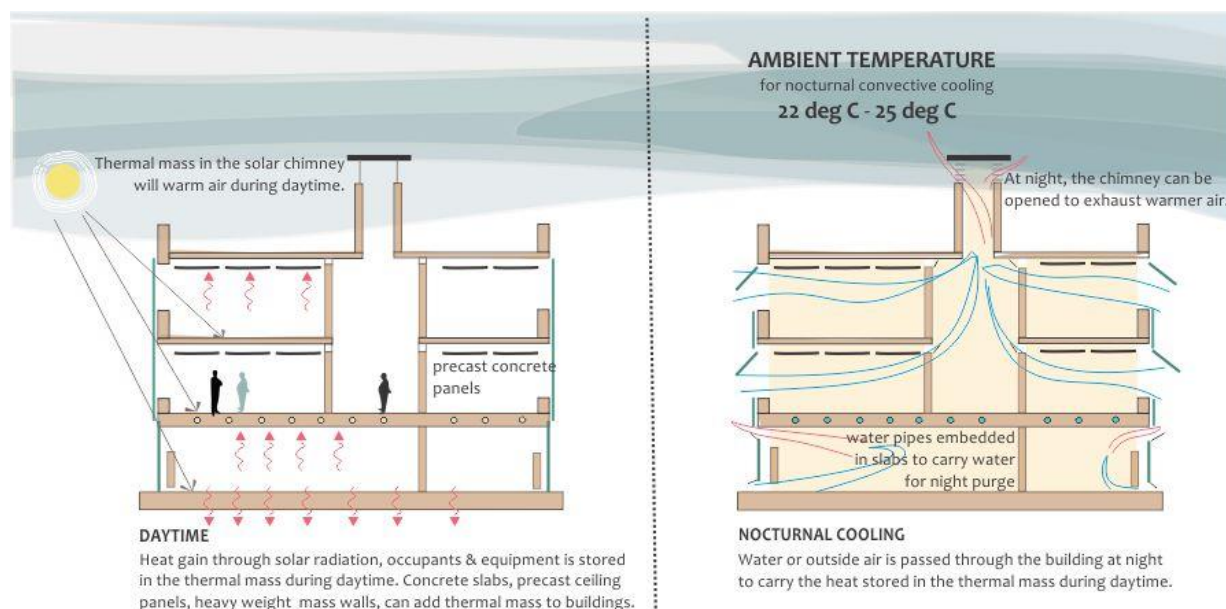


Figura 6 - Explicação Ilustrativa com uso de Chaminé Solar para controlar a circulação de correntes frias e quentes durante o dia e noite

1.2.1. Fenestração

Fenestração é o que permite a entrada de luz natural e circulação de ar dentro do edifício quando necessário, pode ser através de janelas, claraboias e qualquer outro tipo de aberturas envidraçadas nos edifícios.

A radiação solar que incide nestas fenestrações, devido a terem uma maior área de incidência, invade o interior do edifício provocando altos ganhos de calor. Como tal, é o nível de envidraçamento que faz com que haja um maior ou menor ganho de calor. O vidro das janelas permite a passagem de ondas curtas de radiação infravermelha, mas impede a passagem de ondas longas de radiação emitidas pelos objetos dentro do edifício que aqueceram devido à radiação solar. Resultando numa forma de efeito de estufa interior onde a

temperatura interior é maior que a temperatura exterior se o sistema de fenestração não for bem planeado. Numa perspetiva NZEB, a fenestração de edifícios pode ajudar em termos de condicionamento de ar e iluminação aliviando a fatura energética consideravelmente se bem planeada. [13]

As fachadas orientadas para norte são as que recebem menor intensidade de radiação solar, seguidas das fachadas a sul. Este e Oeste, devido a serem as direções que o sol circula são as fachadas que mais são atingidas. É por isso que, dependendo do clima, a localização das fenestragens deve ser muito bem planeada. [14]

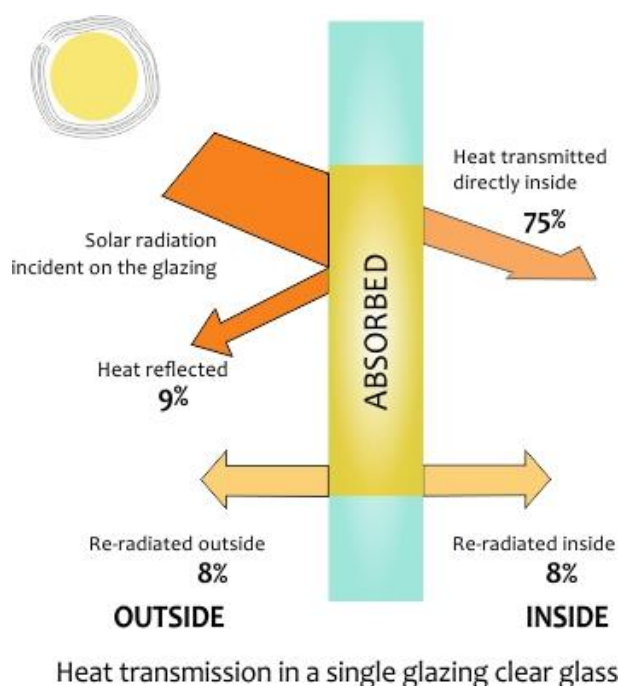


Figura 7 - Transmissão de calor num vidro simples e suas percentagens resultantes

Algumas recomendações e aspetos a ter em atenção acerca da Fenestração [13]:

- Áreas envidraçadas afetam a uniformidade da distribuição de luz solar no edifício
- Quanto menor for o Coeficiente de Ganho de calor (SHGC - *Solar Heat Gain Coefficient*) de uma área envidraçada, menor será o calor transferido para o interior do edifício
- Valor-U (coeficiente de transferência de calor) deve ser reduzido e níveis de SHGC também para climas quentes, para climas frios o SHGC deve ser maior
- Em casos gerais, o valor-U deve ser reduzido em edifícios residenciais. Valores ainda menores podem ser utilizados para climas de calor extremo. Em locais mais frios que necessitem de técnicas passivas de aquecimento solar, as fachadas a sul devem possuir janelas com valores altos de SHGC acoplado com valores-U menores
- Em climas com necessidades significantes de ar condicionado, janelas com baixo SHGC (0.40) é aconselhado. Em geral, os vidros devem ter níveis de transmissão de luz visível altos (>30%), especialmente para um aproveitamento maior de luz.

Em termos de poupança de energia, os sistemas de fenestração com baixo valor-U e baixo SHGC pode resultar numa redução da demanda de utilização de sistemas AVACS entre 6 a 11% em climas moderados e entre 8 a 16% em climas húmido-quentes, quente-seco. [13]

Estas poupanças podem aumentar de 8 a 17% nos climas moderados e 12 a 26% nos restantes mencionados se tivermos sistemas de fenestração de alta performance com vidros de baixa emissão, caixilhos isolantes térmicos e sombreamento planeado. [13]

A utilização de vidros duplos reduz a temperatura interna do vidro pois reduz a condução de calor do exterior. Isto resulta num controlo de temperatura radiante mais aperfeiçoado e conforto melhorado. Isto resulta quer para aquecimento quer para arrefecimento, especialmente em divisões ou edifícios com grandes áreas envidraçadas. [13]

1.2.2. Luz Natural

A presença de luz natural num espaço ocupado por pessoas trás benefícios em termos de conforto e bem-estar. Não apenas isto, mas como também pode ser uma forma de reduzir a dependência de luz artificial e como tal, reduzir a fatura energética.

No entanto, é necessário ter em conta que quanto mais luz solar entrar num edifício, maior será a quantidade de calor no mesmo. Ao integrarmos luz natural com artificial é uma forma benéfica de reduzir a fatura energética, mas ao mesmo tempo pode levar a uma carga maior sobre os AVACs. Como tal é necessário fazer uma boa análise acerca deste assunto para se chegar aos objetivos de um NZEB.

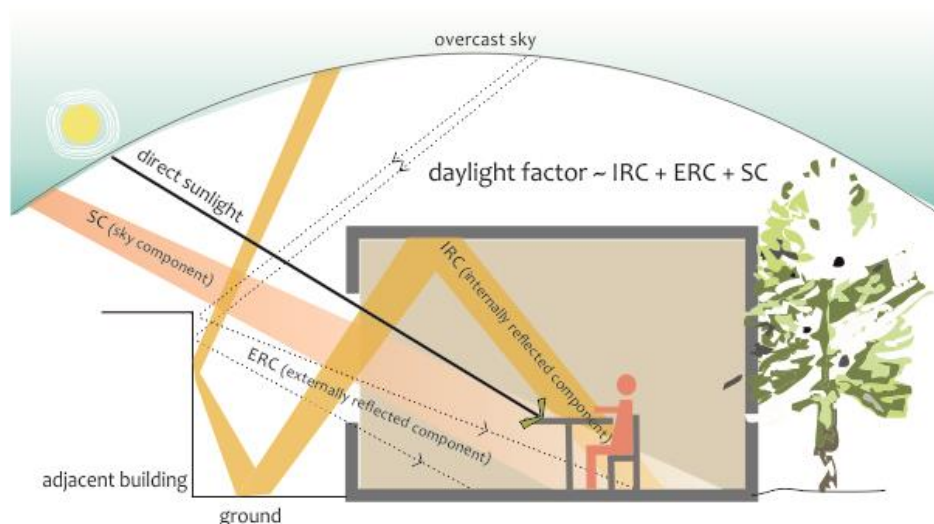


Figura 8 - Fator de Luz Natural, equivalente à soma da luz difusa do céu (SC), luz refletida internamente (IRC) e luz refletida externamente (ERC)

Luz natural é um dos pilares da eficiência energética em edifícios. Estudos indicam que a luz solar está ligada a maior conforto, produtividade e sensação de bem-estar em escolas, escritórios e hospitais. Para não falar de que este elemento pode trazer um impacto positivo em termos de energia, podendo chegar a poupar cerca de 20-30%. [13]

1.2.3. Sombreamento

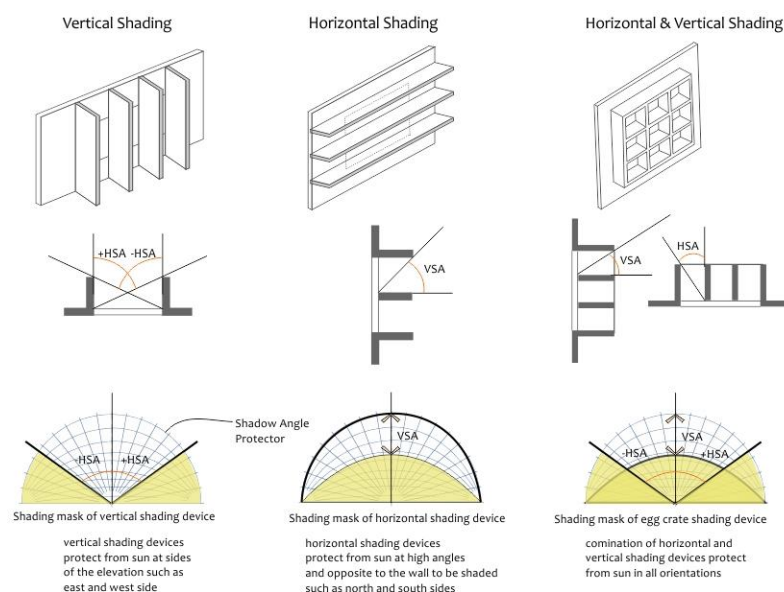


Figura 9 - Orientações possíveis de mecanismos de sombreamento e as áreas provenientes destas (HSA - Área de sombreamento horizontal, VSA - Área de sombreamento vertical)

Técnicas de sombreamento são essenciais para controlo do ambiente interior do edifício que permite extinguir ou reduzir a necessidade de tecnologias de aquecimento ou arrefecimento para manter o conforto térmico. Combinado com o tipo de envidraçamento e tamanho das fenestrações, o sombreamento é igualmente importante para limitar os ganhos de calor do exterior para o interior.

A eficácia do sombreamento interior está limitada pois absorve o calor apenas quando este já foi transferido do exterior para o interior podendo assim, com o aquecimento das tecnologias utilizadas para este efeito, aumentar o nível de calor no interior. Como tal, ambos os sombreamentos interiores e exteriores são importantes.

Não esquecer que no estudo da orientação destes equipamentos é necessário ter em conta as mudanças do percurso solar durante o ano e da intensidade da radiação. Sendo que o percurso tem um ângulo mais baixo e ligeiramente para sul durante o inverno no hemisfério norte e no verão o percurso tem um ângulo maior e ligeiramente para norte. Como tal, o sombreamento nas fachadas a sul do edifício deve permitir a penetração de radiação do percurso solar a um ângulo baixo para maiores ganhos de calor no inverno, mas deve bloquear o mesmo no verão. Nas fachadas a norte, o sombreamento é usado apenas para prevenir a penetração de radiação solar no verão. [13]

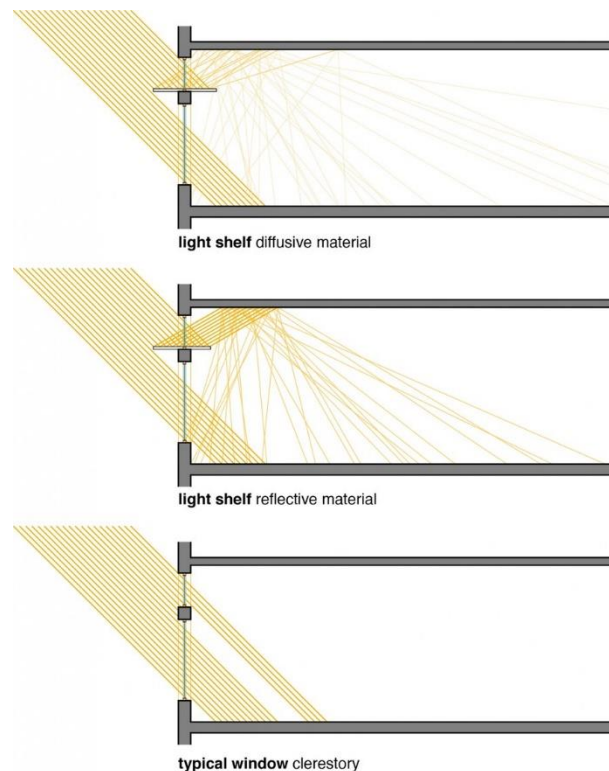


Figura 10 - Gaveta de luz difusa (cima), refletiva (meio), sem gaveta (baixo)

1.2.4. Cool Roof

Tal como vemos em locais mais quentes, como por exemplo na arquitetura local de zonas portuguesas como o Algarve ou Alentejo, as cores claras são um grande fator que ajudam a manter o interior das casas e edifícios com temperaturas mais baixas que o seu exterior. *Cool Roofs*, usam superfícies refletoras nos telhados para manter uma temperatura do mesmo baixa. Por isso que quando se fala em medidas de eficiência energética num edifício o telhado deve ter uma cor clara e refletora da radiação solar visto ser o local com maior exposição de todos os edifícios. Enquanto que um telhado convencional pode chegar a temperaturas de mais de 60 graus, estes telhados nas mesmas condições podem ter menos 30°C comparativamente. [13]

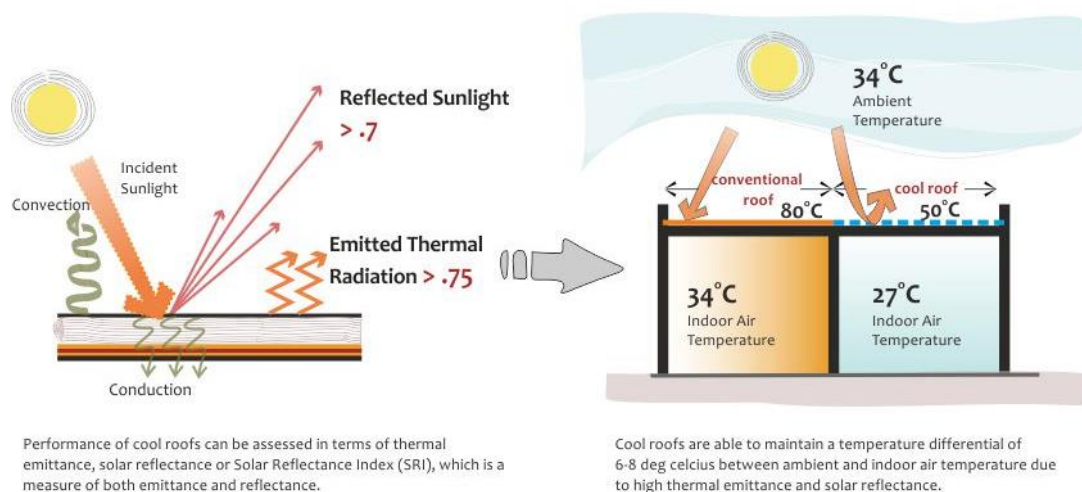


Figura 15 - Performance e propriedade dos Cool Roofs

Com uma poupança anual em energia gasta através de ar condicionado de 15%, esta técnica é uma boa adição ao que toca a edifícios NZEB. [13]

1.2.5. Ventilação Natural

Ar fresco pode trazer vários benefícios a um edifício, desde saúde a conforto para os seus ocupantes e eficiência energética para a fatura anual. Certos climas permitem até a total eliminação da dependência de sistemas de ventilação mecânicos num edifício. [13]

As abordagens são várias, desde orientação e forma apropriada do edifício, aberturas no mesmo como janelas, portas e ventiladores, planeamento de espaço, etc. Outros exemplos de ventilação é o efeito de átrio, efeito chaminé, torre de vento ou túneis de ar subterrâneos.

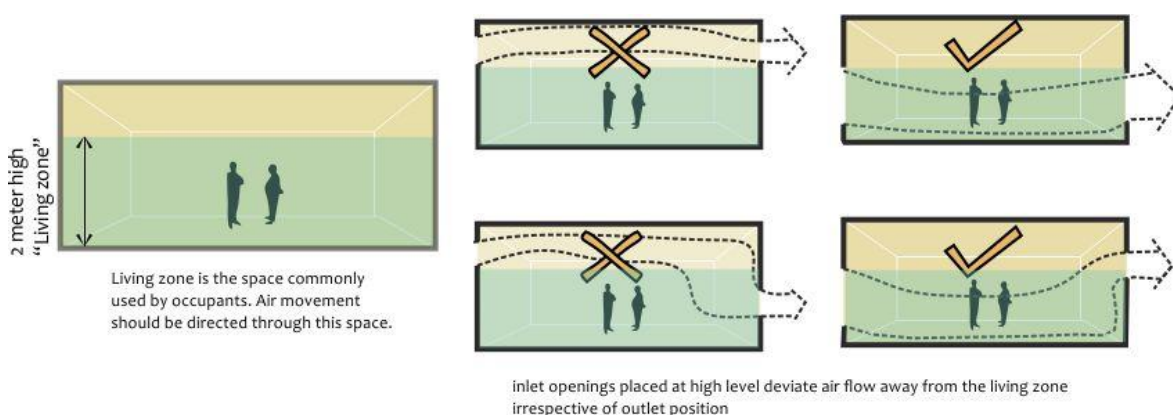


Figura 11 - “Zona de vida”, delimitada por 2 metros e localização correta de saída e entrada de ar numa divisão

É importante saber que [13]:

- Aberturas nos edifícios devem estar em zonas de pressão opostas devido à ventilação natural depender da pressão para se movimentar e movimentar ar fresco pelo edifício
- O edifício pode ser orientado entre 0 a 30° graus com respeito à direção prevalente do vento (diagrama da rosa dos ventos). Preferencialmente, deve-se orientar as fachadas mais prolongadas do edifício em frente à direção predominante do vento no local.
- O maior fluxo por unidade de área de uma abertura é conseguido mantendo ambas as janelas de saída e entrada do fluxo de ar a alturas e tamanhos semelhantes
- Janelas devem ser escalonadas ao invés de alinhadas
- Se o espaço tiver apenas uma fachada exposta para o exterior é preferível que sejam colocadas 2 janelas
- Área total de aberturas numa divisão deve ser no mínimo 30% da área do chão
- A proporção janela-parede não deve ser maior que 60%
- Janelas de batente são uma boa aposta para coletar ou defletir ventos e brisas de diferentes ângulos

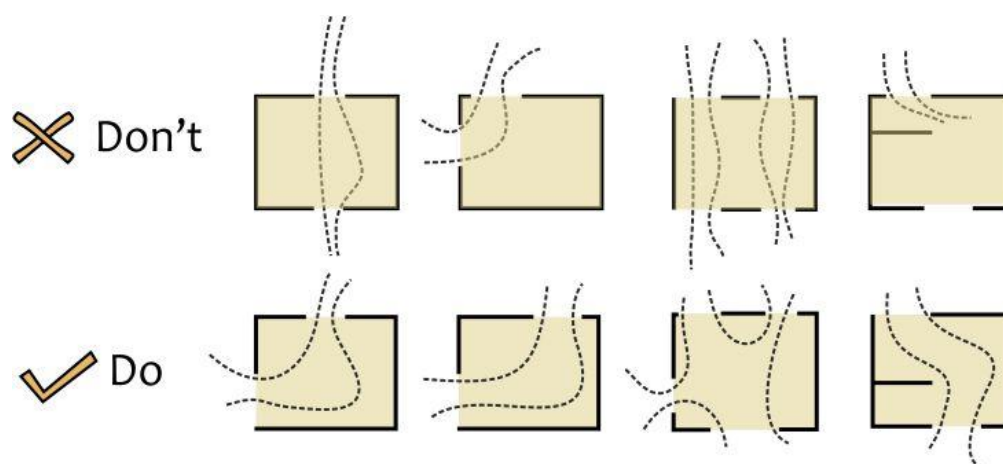


Figura 12 - Disposições possíveis de aberturas a se fazer numa divisão para uma melhor circulação natural do ar

1.2.6. Arrefecimento através de evaporação

A presença de um local com água como uma lagoa, uma fonte, um riacho trás benefícios a nível de arrefecimento para o ambiente envolvente e pode ter o mesmo efeito para a temperatura interior de um edifício. No entanto, esta técnica é mais eficiente em climas quentes e secos onde o nível de humidade é muito baixo.

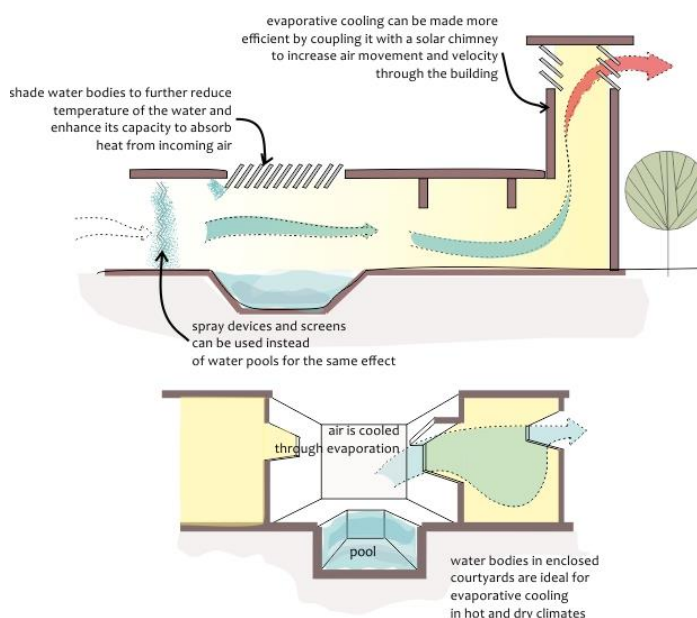


Figura 13 - Representação do aproveitamento de recursos hídricos para arrefecimento num edifício

Com a evaporação da água, grandes quantidades de calor são extraídas do ar circundante. Como tal, A água em piscinas, fontes, lagos, podem ser aproveitadas como um agente de refrigeração juntamente com mecanismos de ventilação cruzada em aberturas do edifício. Uma forma típica é usar torres de arrefecimento que podem servir para evaporar e pré-arrefecer ar

ventilado para um ou mais unidades de ventilação e assim reduzir a carga nos sistemas mecânicos de arrefecimento [13].

No entanto, a técnica de evaporação não se cinge apenas a recursos hídricos. É possível, como já foi referido anteriormente, usar o fenómeno de evapotranspiração das árvores, que pode ajudar a poupar entre 250 a 650 kWh de eletricidade usada através de ar condicionado por ano. Relva molhada é capaz de reduzir a temperatura à sua superfície em 6 a 8°C comparada com a temperatura de um solo nu [13].

O uso de materiais porosos, como por exemplo para telhados, pode causar efeitos de refrigeração por evaporação. Xisto silicioso é capaz de reduzir a temperatura do telhado na superfície em quase 9°C, comparado com o cimento argamassa [13].

Refrigeradores por evaporação podem substituir a refrigeração mecânica em climas quentes e secos. Em climas com verões deste género, mas com invernos muito húmidos, este sistema pode ser usado para reduzir o uso de sistemas AVACs durante os primeiros meses de Verão [13].

É possível com a evaporação de 0 a 5g de água, reduzir a temperatura de 1 m³ em 1 °C [13].

1.3. Métodos Ativos

Desde sistemas mecânicos para ventilação e aquecimento a produção energética local e armazenamento energético, o potencial na área de métodos ativos para uma melhor sustentabilidade energética continua a subir de ano para ano com as descidas de preço de materiais e equipamentos e o interesse crescente da própria população e investidores (privados ou públicos).

1.3.1. AVACs

Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado, AVAC, é dos mecanismos mais utilizados em qualquer edifício de grande ou pequenas dimensões. Desde edifícios residenciais a estabelecimentos comerciais, escritórios e indústrias este sistema contribui para o gasto de quase 40% da fatura elétrica dos mesmos. Do controlo de temperatura interior à ventilação de ar, esta técnica é o que permite que lugares fechados comportem a quantidade de gente que os utiliza e garante o seu bem-estar e conforto. [15]

Como tal, estes mecanismos consomem muita energia, daí o uso de métodos passivos para reduzir a sua importância e uso nas edificações. É então necessário que o planeamento, seleção, instalação, comissionamento e após isso, a operação e manutenção destes instrumentos seja feita da forma mais eficiente e ecológica possível num edifício NZEB em construção ou propício para se tornar como tal.

Existem dois tipos de sistemas AVAC [15]:

- Centralizado:** Sistema central de refrigeração ou aquecimento de água, *chillers* ou caldeiras (para aquecimento ou arrefecimento atmosférico e água)

- Distribuído (Sistemas de expansão direta):** VRF ou fluxo de gás refrigerante, sistemas individuais de ar condicionado, aquecimento e/ou ventilação

Em comparação com o sistema Centralizado, o Distribuído, tem baixo gasto de aquisição e instalação mas em contrapartida tem um consumo operacional muito maior. Este método é mais indicado para locais com menos de 40m² [15].

1.3.1.1. Refrigeração

Para um sistema distribuído são utilizados instrumentos de ar condicionado, que podem ser compostos por um só sistema de evaporação, condensação e compressor (ciclo de refrigeração completo) ou então em sistemas divididos em que o evaporador está no interior do espaço a refrigerar e o condensador e compressor está localizado do lado de fora do edifício.

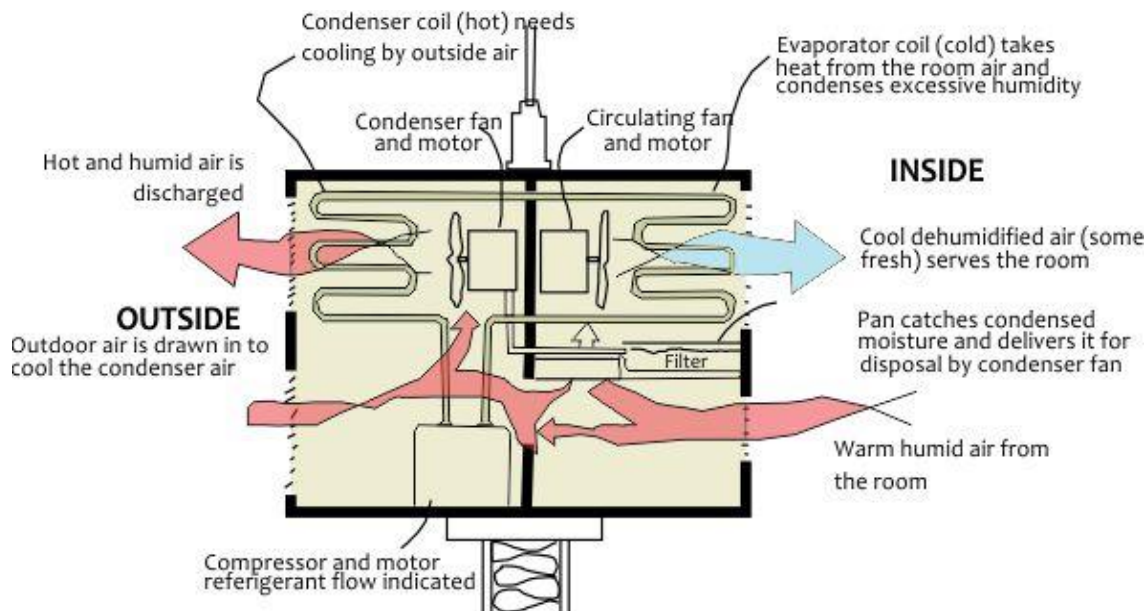


Figura 14 - Aparelho de Ar Condicionado em um só sistema

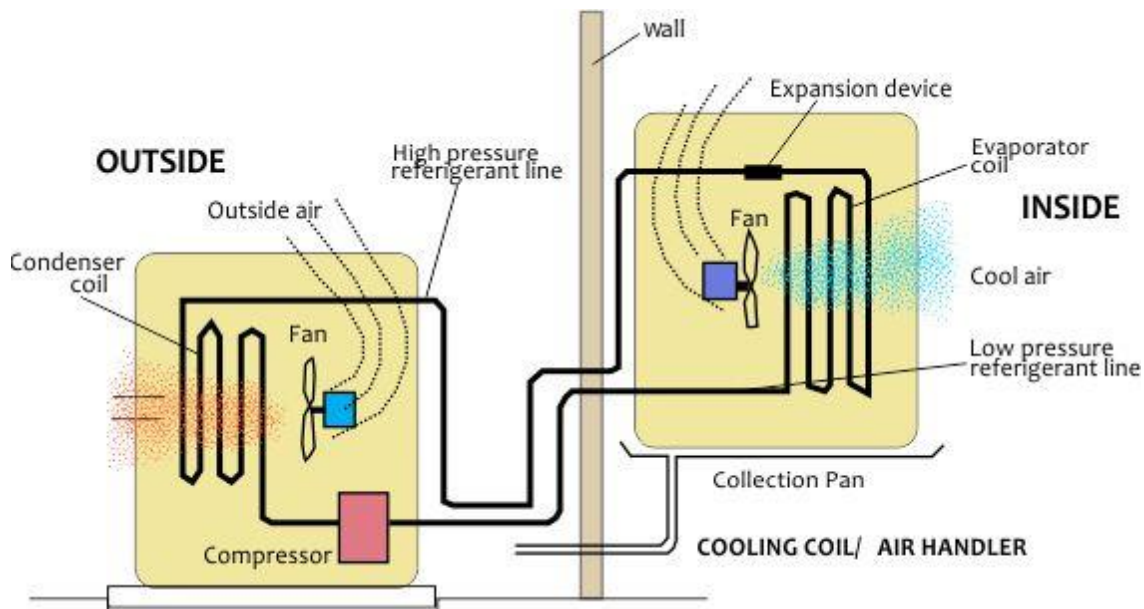


Figura 15 - Aparelho de Ar Condicionado em sistema dividido

Os sistemas centralizados são especializados para grandes edifícios com requerimentos específicos e complexidade de utilização e horários. A utilização de *chillers* permite que o arrefecimento de água seja feito num local específico do edifício e transportada para todas as unidades de gestão de ar que operam de acordo com os requerimentos do espaço e variam a sua velocidade e tempo de utilidade de acordo com estes. Condensadores exteriores, com possibilidade de arrefecimento de água (torres de água) abastecem os *chillers*. Estes são

sistemas que têm alto custo, mas que em comparação com os de expansão direta têm baixo custo de operação devido à sua maior eficiência. No entanto não deixam de ser sistemas muito complexos que requerem um grande preparo de instalação assim como manutenção regular. [15]

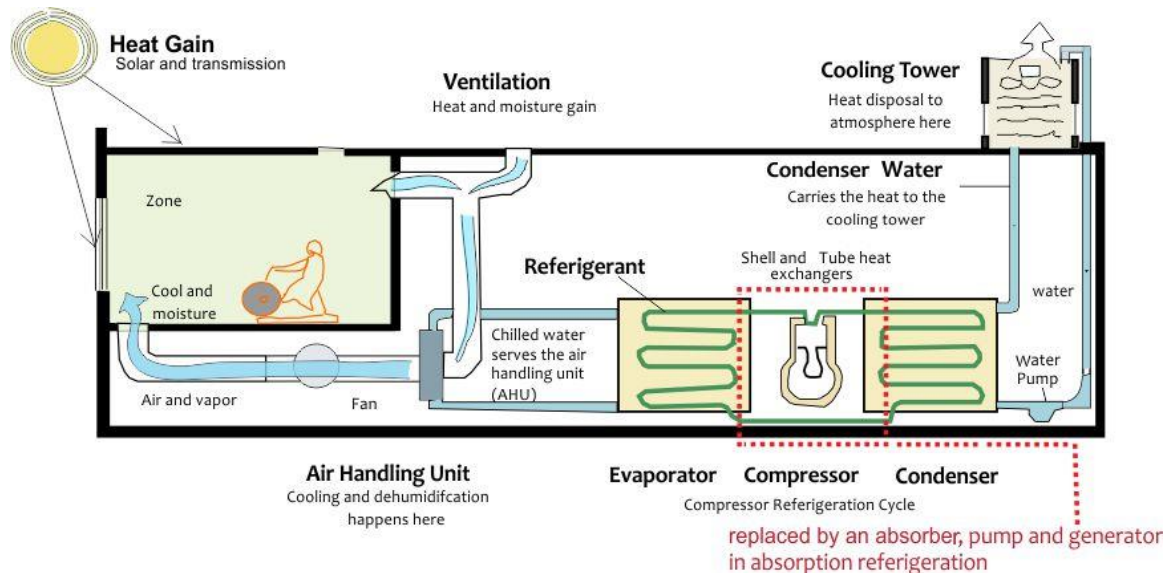


Figura 16 - Representação de um sistema AVAC Centralizado

1.3.1.2. Aquecimento

É típico utilizar caldeiras de água quente ou vapor para aquecimento em edifícios. Estas caldeiras usam eletricidade, gás natural, ou combustível fóssil como fonte energética. Existe também como substituição destas, o uso de coletores solares.

Tipicamente, as caldeiras de água quente cujo funcionamento depende de gás natural ou outro género de combustível, possuem uma eficiência de 85 a 95%. Com o uso de caldeiras de condensação é possível ajustar os queimadores e extrair o calor que, sem isso, seriam desperdiçados pelos exaustores. [15]

Recuperadores de calor são recomendados sempre que se usa um sistema de aquecimento devido a muitas vezes o calor residual dos exaustores poder ser utilizado para pré-aquecimento ou para outras aplicações de grau inferior de aquecimento, aumentando assim a eficiência geral do sistema. [15]

Outros componentes como bombagem, isolamento das canalizações, permutadores de calor, radiadores, devem ser selecionados de forma planeada para integrar na eficiência geral dos sistemas de aquecimento de água. [15]

1.3.1.3. Coletores Solares e Ar Condicionado

Uma solução alternativa aos equipamentos convencionais dos sistemas AVAC mencionados acima, o aproveitamento solar é muito utilizado por todo o mundo, principalmente no aquecimento para uso de água. Esta função representa também uma parte do processo de arrefecimento que, devido a ser um método renovável, permite ajudar a reduzir a carga necessária pelo ar condicionado nos edifícios no que toca a arrefecimento. A energia térmica

pode ser usada para regenerar o agente refrigerador num *chiller* de absorção ou o agente dessecante (substâncias químicas que permitem absorver e adsorver a água).

Um *chiller* de absorção é composto pelos seguintes componentes [15]:

- Evaporador:** O agente refrigerante evapora a níveis de pressão e temperatura muito baixos e é absorvido pelo agente absorvente. Como resultado obtém-se a extração de calor do refrigerante, sendo que este sai com temperaturas baixas

- Gerador:** A mistura resultante do absorvente e do refrigerante entra no gerador e o vapor ou água quente produzida pelos instrumentos coletores solares é usado para vaporizar o agente refrigerante

- Condensador:** O refrigerante vaporizado é arrefecido neste componente e mantido a pressões baixas. Mais tarde este refrigerante arrefecido é usado no evaporador para gerar água a baixa temperatura para ar condicionado.

Quando configurado com uma geração elétrica e aquecimento de água torna-se um sistema muito rentável, sendo que as suas perdas por distribuição rondam os 5-10%. Não necessitam de CFC, HFC e refrigerantes HCFC. No entanto é um sistema que requer um grande espaço de instalação, têm um custo acima dos *chillers* convencionais e requerem uma maior potência para bombear. [15]

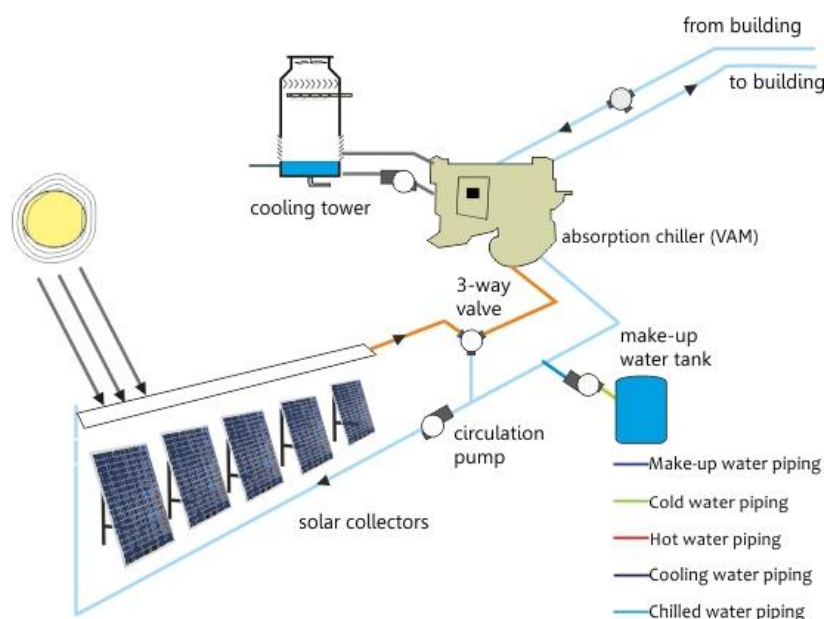


Figura 17 - Diagrama de um sistema AVAC com aproveitamento solar

1.3.1.4. Sistema de Refrigeração Dissecante

Este é um sistema com aplicação pertinente para situações onde a carga do calor latente (calor absorvido ou emitido consoante a mudança de estado de uma substância) é muito alta (locais húmidos), pois o nível de humidade desejado após o fornecimento de ar deve ser mínimo. Assim é possível poupar energia através do dissecante que absorve ou emite a humidade local ao invés da utilização de algum instrumento mecânico. Assim, apenas é necessária a utilização de instrumentos para reduzir a temperatura do ar. [15]

Este sistema possui então um material dissecante, sólido ou líquido, que permite absorver moléculas de água do ar circundante, desumidificando o mesmo.

Existem duas categorias básicas para os sistemas dissecantes:

- **Sistemas dissecantes abertos** - onde a substância dissecante está em contacto direto com o ar durante todo o processo de desumidificação.

- **Sistemas Dissecantes Fechados** - onde o dissecante está confinado a uma câmara fechada e assim desumidifica o ar de forma indireta

Dependendo do dissecante utilizado, estes sistemas podem ser categorizados também por sistemas dissecantes sólidos e líquidos. Para os sólidos, um material sólido e seco (p.e. sílica em gel ou zeólitos) é utilizado numa cama rotatória ou impregnada em rodas com a forma de favos de mel dentro do próprio sistema. Sistemas com dissecante líquido são uma tecnologia emergente que consiste numa superfície de contacto (que se baseia ou numa torre de refrigeração ou numa bobina de arrefecimento), humedecida com o dissecante líquido, cloreto de lítio ou cloreto de cálcio. [14]

Sistemas Dissecantes apresentam uma grande eficiência em regiões com baixa demanda de aquecimento, mas têm uma aplicação limitada em áreas muito húmidas onde o dissecante pode falhar em reduzir a humidade do ar para os níveis desejados.

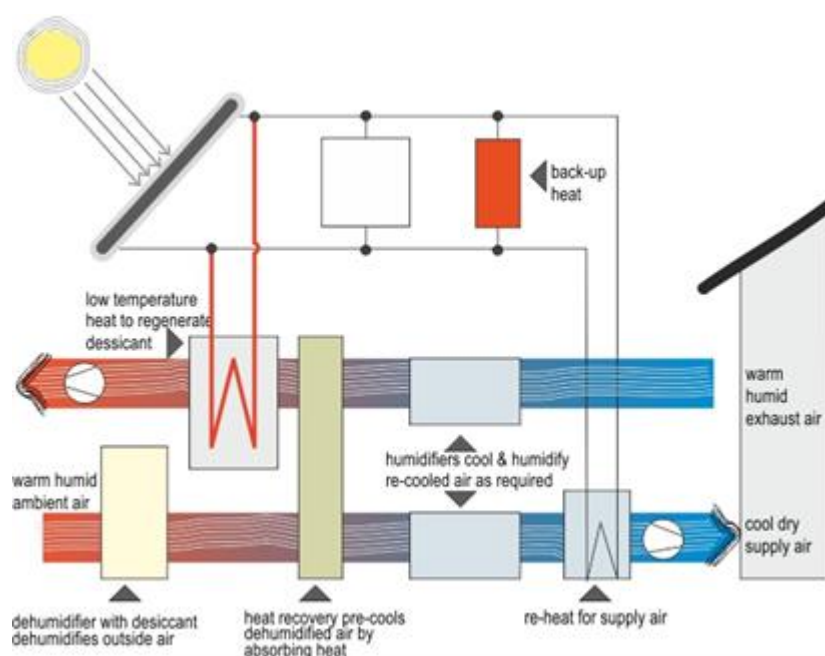


Figura 18 - Diagrama de um Sistema de Refrigeração Dissecante

1.3.1.5. Trigeração - Do lixo ao aquecimento

Sistemas de Tri-Geração são capazes de produzir calor e eletricidade que podem ser utilizados para aquecimento, refrigeração e aquecimento de água num edifício. A eletricidade produzida pode ainda ser fornecida à rede (caso não seja necessária no local). São mais utilizados em edifícios com grande número de desperdícios e operações intensas 24/7 como hospitais ou grandes centros comerciais.

Também em países em desenvolvimento existe um grande volume de desperdícios que podem ser aproveitados ao longo do ano. Daí a importância do uso deste sistema que usa energia térmica para providenciar arrefecimento, uma das muitas formas de contrariar a crise energética que muitos destes países enfrentam (p.e. Índia). [15]

Os princípios da Tri-Geração estão baseados na geração de energia térmica. O calor capturado pela queima dos desperdícios permite a produção de energia através de geradores, aquecer através de painéis solares para produzir água quente através de um equipamento de transferência de calor ou arrefecer a água através de um *chiller* de absorção. Na Índia, este género de sistemas diz-se rondar entre os 500 e os 1.000 MW de produção. [15]

Ciclos combinados de arrefecimento, aquecimento e potência incluem uma máquina a gás operada pela combustão dos resíduos ou biodiesel, para produzir energia. O sistema de recuperação de calor conectado é usado como um permutador de calor para recuperar o mesmo da máquina ou dos tubos exaustores. [15]

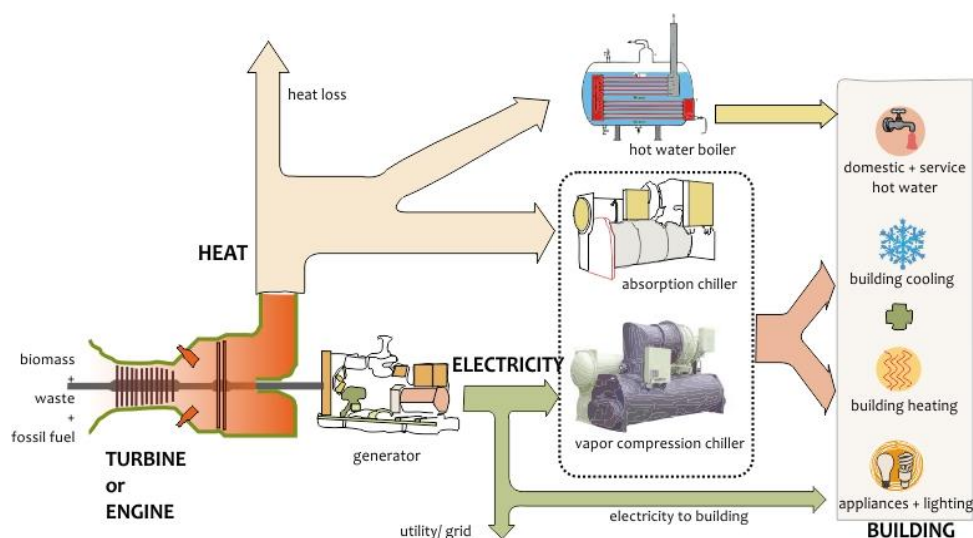


Figura 19 - Diagrama do Sistema de Trigeração

Este sistema permite a redução do uso de CFC ou HCFC refrigerantes.

Possui uma eficiência de 90% em comparação com os 25% da eletricidade produzida de grandes centros produtores. Obtém grandes benefícios através da redução de GHG (estimado em 50% de redução comparados às emissões de GHG em edifícios com carga mista de arrefecimento e aquecimento). [15]

1.3.1.6. Sistema de Arrefecimento Radiante

É um sistema que consiste numa canalização embebida na estrutura para arrefecer e aquecer a massa térmica do edifício, geralmente durante as horas que não está ocupado. Para o arrefecimento, os sistemas radiantes usam ambas as massas térmicas e arrefecimento térmico. Água arrefecida na canalização pode ser fornecida através de um *chiller* convencional. [15]

O princípio de um sistema convencional de condicionamento de ar é a convecção, enquanto que num sistema de radiação o este é a transferência de calor através de radiação.

A transferência ocorre predominantemente através de superfícies como o chão, teto, ou paredes que são aquecidas ou arrefecidas através de bobinas embebidas. Sistemas radiantes são instalados em combinação com grandes massas térmicas para facilitar a absorção e radiação. Para otimizar a performance do sistema, as bobines devem estar instaladas no chão para propósitos de aquecimento e no teto para arrefecimento.

Sistemas destes instalados de forma errada podem gerar condensação nos elementos estruturais do edifício e consequentemente trazer problemas a curto e longo prazo.

Tipos de arrefecimento por radiação:

- Lajes Refrigeradas:** estas arrefecem através da estrutura do edifício e são conhecidas pelos sistemas ativos termicamente em edifícios

- Painéis de Teto:** atuam sobre o ar quente que, segundo as leis da termodinâmica, está mais próxima desta parte da divisão no intuito de arrefecerem o mesmo.

Sistemas que usam lajes de betão são geralmente mais baratas que os sistemas de painéis e oferecem uma vantagem no aumento da massa térmica enquanto que os sistemas de painéis oferecem um controlo flexível e rápido da temperatura. A nível de gastos de capital este género de sistemas gasta o mesmo que sistemas de *chiller* de grande eficiência. No entanto, os gastos de operação são menores que os do segundo. [15]

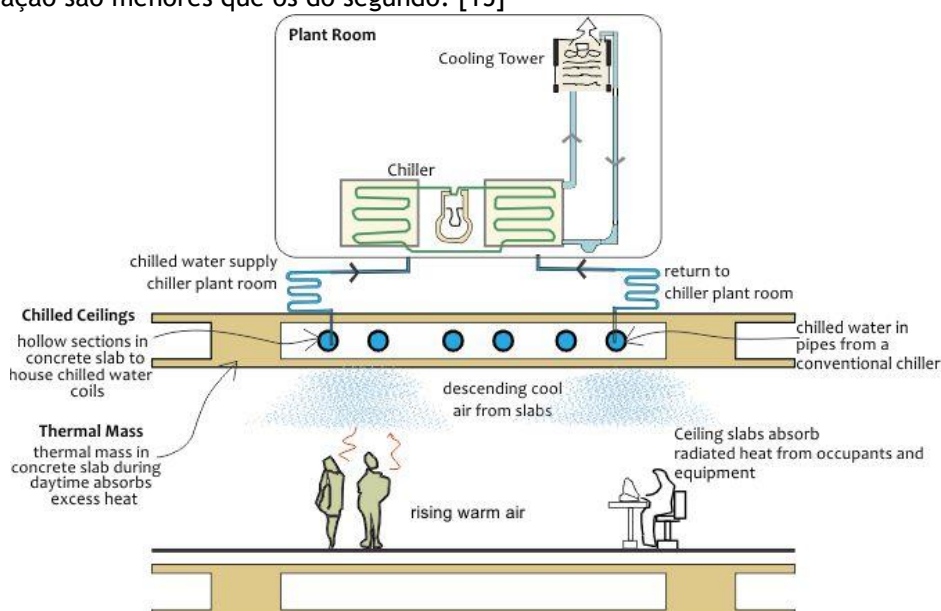


Figura 20 - Diagrama de um sistema de arrefecimento radiante

1.3.1.7. Sistema de bomba térmica de fonte subterrânea (GSHP)

Este sistema usa a terra como um dissipador de calor caso seja necessário arrefecer o edifício ou como uma fonte de calor caso o mesmo necessite de ser aquecido. As temperaturas a uma certa profundidade em relação à superfície mantêm-se quase constante ao longo do ano, e este diferencial de temperatura é utilizado pelas bombas de calor para arrefecer ou aquecer o refrigerante num ciclo de compressão de vapor convencional.

Em média, 46% da total energia solar recebida é armazenada através do solo daí que normalmente esta técnica é aproveitada para aquecer os edifícios após o aquecimento do próprio solo durante as épocas de maior calor. A 4-6 metros abaixo da superfície as temperaturas são geralmente constantes. [15]

Existem três componentes maioritários num sistema de Bomba Térmica de Fonte Subterrânea:

- Conexão à terra:** ligação sistema-terra. A mais usada é através de tubos, introduzidos quer horizontal quer vertical pelo chão ou submergidos num lago ou riacho. Os tubos transportam uma mistura anticongelante e um fluido de transferência de calor adequado

- Bomba de Calor:** esta ajuda a transferência de calor no fluido da terra até ao sistema de distribuição. Estas consistem de um transportador como água ou ar, que absorve o calor do fluido de transferência através do contato indireto e que subsequentemente carrega esta energia de calor para o sistema de distribuição de aquecimento/arrefecimento. Num ciclo reverso, o transportador de calor transfere o mesmo do sistema distribuidor para o fluido de transferência de calor na conexão à terra

- Sistema de Distribuição de Aquecimento/Arrefecimento:** ajuda o fornecimento de calor ou frio da bomba de calor para os espaços ambientes pretendidos. Consiste em um canal de ar, difusor, sistemas de fornecimento de ar fresco e componentes de controlo que em conjunto fazem circular o ar a fornecer dependendo das condições e requerimentos dos ocupantes do edifício. [15]

De salientar que este sistema tem a sua viabilidade dependente da latitude pois quanto mais próximos do equador maior é a ação de aquecimento do solo através de radiação solar.

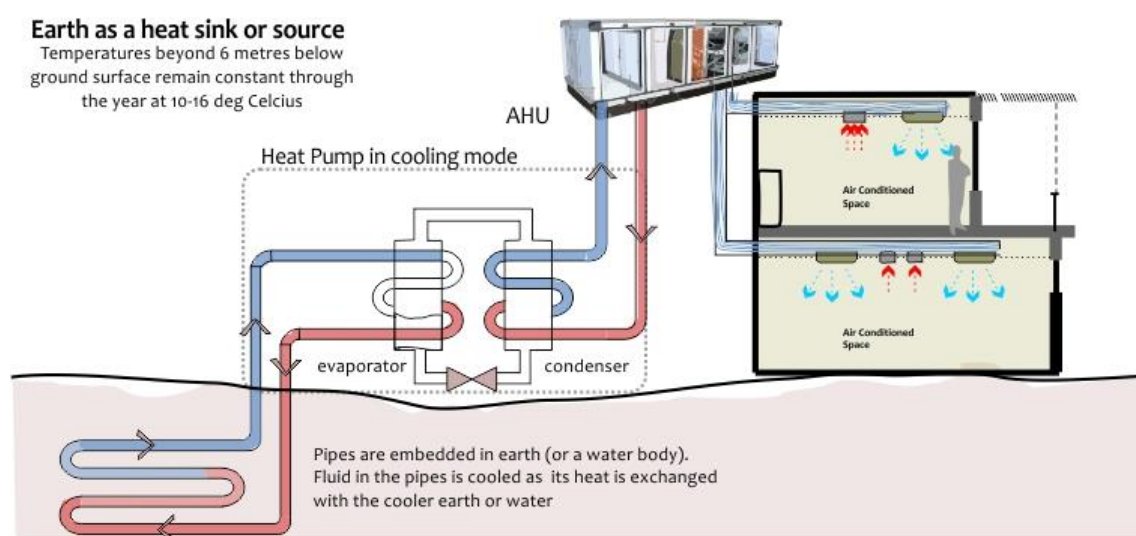


Figura 21 - Diagrama de um Sistema de Bomba Térmica com Fonte Subterrânea

1.3.1.8. Operação e Manutenção de um sistema AVAC

Certas premissas devem ser assentes no que toca a estas áreas. O aconselhamento de manter o termostato o mais confortavelmente alto possível, normalmente entre os 24 e 25°C, no verão e o mais confortavelmente baixo possível, entre os 20 e os 22°C, no inverno. Sendo que a cada grau centígrado não aumentado no inverno e diminuído no verão é possível uma poupança entre os 5 e os 10%. Por exemplo, no que toca a arrefecimento, é possível diminuir a carga dos refrigeradores e ar condicionado através das ventoinhas de ventilação que, com uma maior circulação do ar, permite uma maior qualidade atmosférica no interior do edifício. Em alguns casos estas podem substituir o uso do próprio ar condicionado no que toca a refrigeração. Logo, maior velocidade de ventoinhas de ventilação, menor utilização de sistemas de refrigeração e consequentemente maior poupança energética. No inverno, deve-se recorrer ao reverso desta técnica. A velocidade reduzida das ventoinhas de ventilação assegura uma movimentação do ar menor nos equipamentos e como resultado obtêm-se uma maior remoção de humidade do local. [15]

Outras formas de otimizar a operação e manutenção:

- Limpeza e troca dos filtros de ar regular
- Utilizar o acondicionamento de ar de acordo com os horários de ocupação do edifício
- Prevenir infiltração de ar e manter o ar das divisões selado
- Assegurar circulação livre de ar
- Isolar e Selar canalizações e condutas para evitar perdas
- Equipamentos do sistema de refrigeração devem se manter em zonas sombreadas para evitar o contacto direto com luz solar e aquecimentos desnecessários
- Manutenção regular dos componentes AVAC exteriores e interiores. Principalmente correias de transmissão, mecanismos de controlo e refrigerantes. A canalização deve ser inspecionada para identificar fissuras e falhas e seladas de acordo para prevenir perda de pressão
- Manter sempre o registo de datas em que cada serviço foi prestado para cada componente e a média de consumo por unidade de AVACs por hora baseado na estação do ano [15]

1.3.2. *Light Emitting Diodes* - LEDs

Os LEDs são um sistema sólido de iluminação com base num sistema formado por uma junção de cristais semicondutores do tipo P e N onde os fotões são gerados através de radiação recombinada com a ajuda de agentes de carga. Esta combinação forma uma camada ionizada de recetores no lado P e outra camada ionizada de emissores no lado N, formando uma junção potencial. Com a corrente elétrica a atravessar a junção, os eletrões ficam energizados e “pulam” de uma camada para a outra, ocupando as lacunas e assim emitindo um fotão.

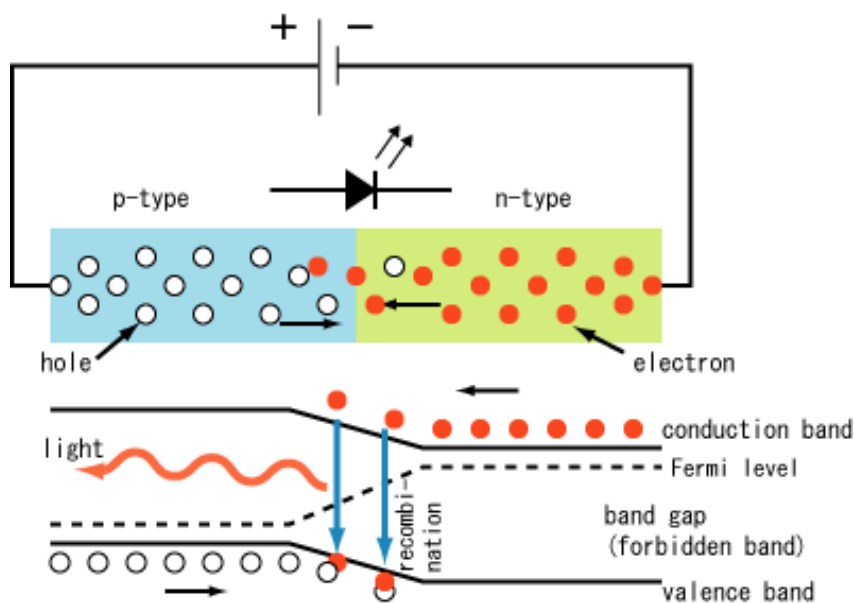


Figura 22 - Esquema de funcionamento de um LED

A esperança média de vida espectável de um LED é de 15,000 a 25,000 horas com um Índice de Reprodução Cromática (IRC) entre os 50 e 90 (grau de fidelidade com que a fonte de luz revela a cor ou cores dos objetos iluminados em relação à aparência dessas cores quando iluminados por uma fonte de luz ideal ou luz natural, o equivalente a 100 de IRC). [16]

O seu tamanho pequeno e design robusto, grande expectativa de vida, zero conteúdo tóxico, facilidade de reciclagem, grande eficácia de iluminação e baixa carga de calor são as características que fazem desta mais recente forma de iluminaria cada vez mais preferível, apesar do seu valor acrescido comparado com outras fontes de iluminação sintéticas. [16]

Tabela 3 – Comparação entre os diferentes tipos de iluminaria

Iluminaria	Eficácia Luminosa	Vida útil (h)	Tempo de Reação	Preço do Produto	Custo de Operação
Incandescente	5-10	700-1000	Automático	Baixo	Muito alto
Halógeno Tungsténio	10-35	1000-2500	Automático	Baixo	Alto
Mercúrio a vapor	30-45	4000-6000	2-5 min	Médio	Médio
CFL	45-70	6000-8000	Automático	Baixo	Baixo
Fluorescente (T12 e T8)	40-60	5000-8000	2-5min	Baixo	Alto
Fluorescente (T5)	60-90	10000-18000	Automático	Alto	Baixo
Halogenato metálico	50-100	6000-10000	5-10 min	Alto	Baixo
Sódio a alta pressão	40-90	6000-12000	2-5min	Alto	Baixo
LEDs	90-120	20000-30000	Automático	Alto	Baixo

1.3.3. Produção de Energia Renovável

1.3.3.1. Produção Fotovoltaica

Um sistema fotovoltaico é constituído principalmente pela combinação de painéis que contém um certo número de células solares capazes de converter a radiação solar incidente em eletricidade. O mercado dos painéis fotovoltaicos produz, na sua vasta maioria, 2 géneros de células fotovoltaicas.

- **Monocristalinas** - Os fabricantes formam barras de silício e cortam estas em formas de “pastilha”. Apenas possuem um único cristal de silício que lhe confere um maior fluxo de eletrões na célula devido a terem mais espaço para se moverem resultando assim numa maior eficiência energética

- **Policristalinas** - também feitas de silício, mas ao invés de usarem silício de um só cristal, os fabricantes derretem fragmentos deste material para as fabricar. Devido a uma maior quantidade de cristais de silício, há menos liberdade para os eletrões se movimentarem na célula, tornando este tipo de célula menos eficiente, mas mais barata.

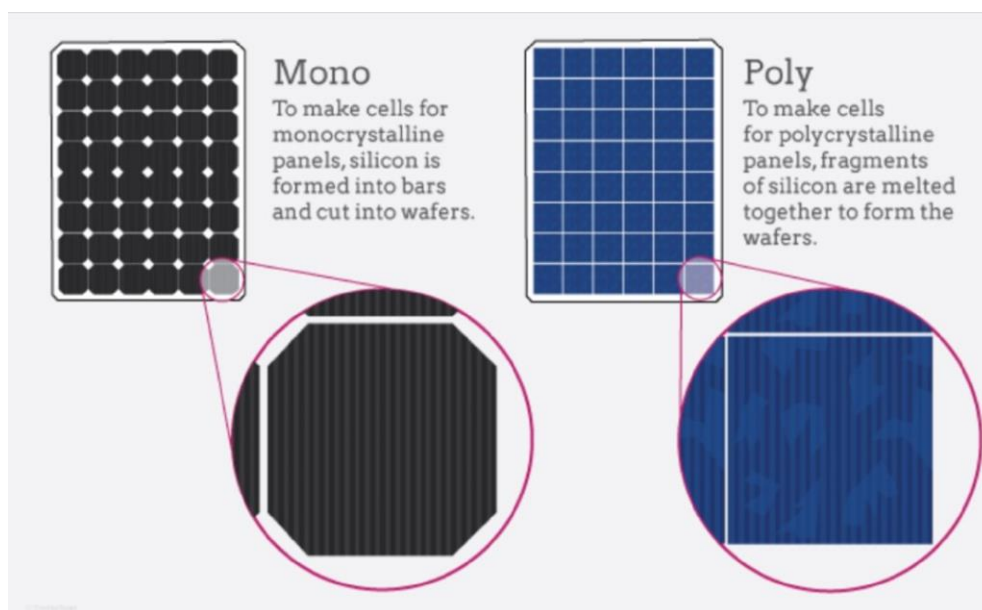


Figura 23 - Célula Monocristalina (Esquerda) e Célula Policristalina (Direita) [17]

1.3.3.2. Funcionamento e Constituição de um Sistema Fotovoltaico

O processo de geração elétrica por parte de uma célula fotovoltaica baseia-se no processo físico que envolve o efeito fotoelétrico onde fotões atingem uma superfície de metal providenciando energia para os eletrões no mesmo metal e no processo eletroquímico onde

elétrons excitados são ordenados criando uma voltagem elétrica e como tal gerando corrente elétrica. A eletricidade gerada pode tanto ser consumida instantaneamente no local, armazenada em baterias ou vendida para a rede de acordo com as regulações governamentais e tarifas das empresas distribuidoras de energia.

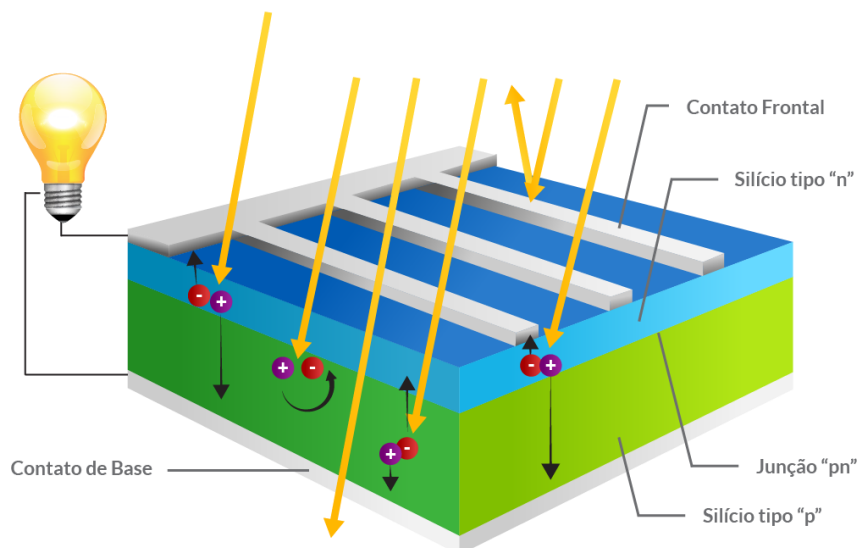


Figura 24 - Diagrama de funcionamento de uma célula fotovoltaica

Conforme o tamanho do local e o financiamento inicial, é possível criar-se um sistema fotovoltaico a grande escala ou pequena escala. Ambos os tipos de geração têm, de país para país, as suas regras e leis de implementação.

Para produção e utilização local, o sistema pode basear-se em dois fins. O primeiro, sistema com ligação à rede, a energia é utilizada pelo edifício na mesma altura em que este produz ou, caso haja excedente de produção, esta é vendida à rede de acordo com o contrato estipulado pela empresa de distribuição elétrica do país. O segundo método, com um investimento mais dispendioso baseia-se em armazenar a produção excedente em baterias para mais tarde ser utilizada. A oferta deste género de baterias ainda são muito dispendiosas e existem poucas ofertas no mercado. No entanto, o seu valor tem vindo a diminuir, compensando cada vez mais o investimento.

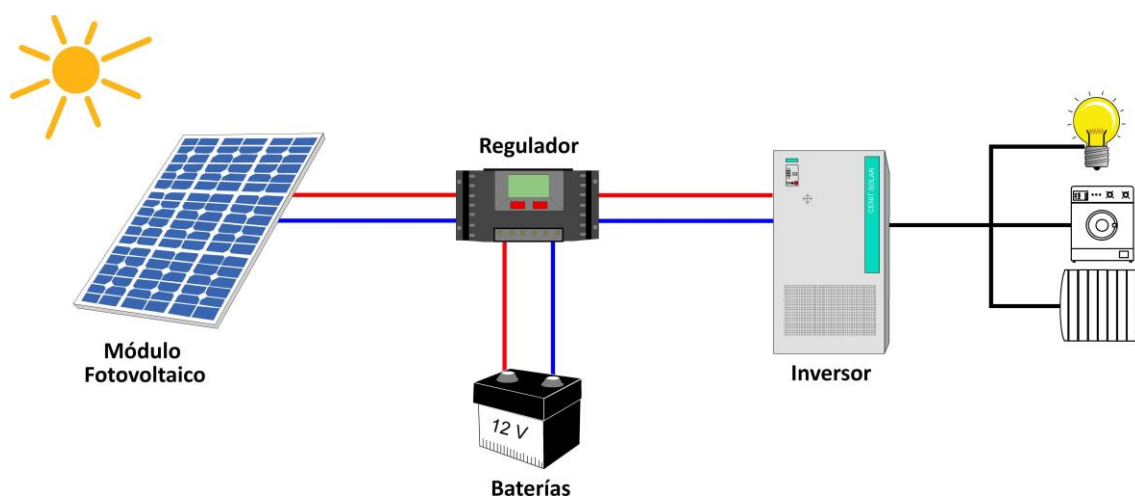


Figura 25 - Diagrama simplificado de um sistema fotovoltaico

Um sistema fotovoltaico é composto por vários elementos no seu correto funcionamento para produção de energia:

- **Painel Fotovoltaico** - Conjunto de células compostas por materiais semicondutores que convertem a luz incidente em eletricidade. Quanto maior for o painel, maior será a capacidade de geração. Os tamanhos mais comuns variam entre os 165 e os 195cm de comprimento e entre os 89 e 99cm de largura. A nível de espessura, tipicamente são de 3 a 4,5cm. Possuem uma longevidade entre os 20 e 30 anos. [18]

- **Inversor** - Converte a energia produzida DC dos painéis solares em AC para poder ser utilizada em aplicações elétricas ou poder ser injetada na rede. Adicionalmente este também funciona como um agente de segurança entre o sistema PV e o edifício ou rede. Podem ser centralizados ou micro inversores. Os primeiros são capazes de albergar um conjunto de painéis, são mais baratos mas têm a condição de quando um painel deixar de funcionar por causa de sombreamento ou avaria os outros são prejudicados a nível de performance. Os segundos, são instalados para cada painel maximizando a produção do mesmo. Como tal, são mais caros.

- **Baterias de Armazenamento** - Usadas para armazenar o excesso de energia produzida para usos futuros. Normalmente instaladas para sistemas onde os utilizadores não tenham a intenção de vender o excesso.

- **Contador Elétrico** - Conta a quantidade gerada pelo sistema PV. Essenciais para calcular e controlar a quantidade energética vendida à rede.

A eficiência de um sistema fotovoltaico explica-se com a razão entre a eletricidade gerada e a energia solar incidente nos painéis. Esta eficiência tem inúmeros fatores que podem ser trabalhados para melhorar a produção:

- **Localização, ângulo de inclinação e orientação** - A radiação solar incidente varia significativamente com o local e a forma como o painel está instalado. A nível longitudinal no Planeta, é sabido que quanto mais próximo da linha do equador, maior será a intensidade da incidência solar. Conforme essa longitude o ângulo de instalação dos painéis também pode variar devido ao percurso solar do local. Em Portugal o aconselhado é um ângulo de 38° e orientados a Sul, no entanto, qualquer razão para uma orientação mais a oeste ou este (resultando numa perda de 5% da captação) deve ser compensada com um ângulo de 25°. [19]

- **Sombreamento** - Características do local como a geografia, edifícios circundantes, sombreamento por parte de outros painéis, nuvens, são tudo fatores que afetam a incidência de radiação solar sobre o painel. Ao planejar-se um sistema deste deve-se ter muita atenção à paisagem envolvente do local.

- **Temperatura** - Um aumento da temperatura do painel devido à radiação solar pode afetar a performance do sistema, especialmente em módulos de silício cristalino. Está estimado que para cada aumento em 1°C na temperatura ambiente acima dos 25°C, a performance diminui entre 0.4 a 0.5%. [52] Considerações especiais como fluxo de ar na parte de trás do painel devem ser feitas para reduzir o excesso de temperatura em alturas de muito de calor [18]

- **Eficiência do Painel** - Cada género de painel tem a sua eficiência específica no que consta a uma conversão bem-sucedida da radiação solar em energia. Esta depende da tecnologia utilizada, design e técnica de montagem. Um painel de silício cristalino tem uma

eficiência entre 12 a 14%, enquanto que um módulo baseado em películas finas tem uma eficiência entre os 10 e os 11%. [18]

1.3.3.2.1. Alternativas - Painéis de Película Fina



Figura 26 - Exemplo de Painéis de Película Fina

Esta alternativa de painel fotovoltaico é feita de células fotovoltaicas muito finas, cerca de 350 vezes mais pequenas que qualquer outro painel de silício comum. Devido ao seu design estreito e semicondutores eficientes nas células, estes painéis são os mais leves no mercado e que mesmo assim mantêm a grande durabilidade de um painel normal. [20]

Estes painéis são tipicamente feitos com uma das seguintes tecnologias:

- Telureto de Cadmio (CdTe)** - O mais comum na tecnologia de Película Fina, com 50% do mercado a utilizar este tipo de semicondutor. No entanto, o uso de cadmio deve ser tomado em consideração devido à sua toxicidade (carcinogénico) quando estamos à procura de uma alternativa mais limpa que o silício.

- Silício Amorfo (a-Si)** - A segunda mais popular tecnologia de película fina. A mais similar deste género aos painéis comuns de silício. Em termos de durabilidade e toxicidade é mais vantajoso comparado com o seu homólogo, CdTe. Mas é menos eficiente e tipicamente usado para requisitos de carga menores

- Selenieto de Cobre, Índio e Gálio (CIGS)** - Os laboratórios de CIGS conseguiram obter um máximo de eficiência de 22.3%. No entanto, ainda não é possível este tipo de performance em escala.

- Arsenieto de Gálio (GaAs)** - Uma tecnologia de grande custo, mas que contém o recorde de 28,8% de eficiência em apenas um painel. É principalmente usada em foguetões e é destinada a ser utilizada em instalações versáteis a grande escala em ambientes incomuns (ex. espaço). [20]

Em comparação com o padrão de painéis no mercado, há alguns fatores que se pode distinguir entre estas tecnologias. Emissões de carbono, eficiência, espaço ocupado e custo de instalação.

No que toca a emissões de carbono, os painéis fotovoltaicos standards requerem uma quantidade muito mais significativa de silício em comparação da necessidade de material que constitui os painéis de película fina. [20]

A eficiência energética é o que tem dado uma vantagem muito significativa aos painéis convencionais. Estes, com uma eficiência entre os 15 e 16%, fazem com que os 11-13% dos painéis PF sejam postos um pouco de parte. No entanto, em 2016 testes aos painéis de PF demonstraram uma subida de 25% comparado ao total até então registado, o que trás uma expectativa de que esta diferença com os painéis padrão seja mitigada nos próximos anos. [20]

Com o referido anteriormente, é espectável que o espaço ocupado por um sistema de painéis de Película Fina ocupe uma maior área para perfazer a mesma quantidade produzida por um sistema de painéis mono ou policristalinos. [20]

No entanto, um fator que trás benefícios no que toca a custos de instalação é o peso reduzido e espessura fina dos painéis PF. Requerendo menos mão de obra para a instalação faz com que os gastos destes sejam menores que os painéis convencionais. [20]

1.3.3.2.2. Novas Alternativas - Painéis Transparentes

Apesar da ainda pouca eficiência e custos elevados, esta é uma tecnologia a ter em atenção nos próximos anos pois a sua aplicação em todo o tipo de janelas contribui para um maior aproveitamento da energia solar.

A empresa alemã, Heliatek GmbH, desenvolveu painéis solares parcialmente transparentes que absorvem 60% da luz solar que recebe. Com uma eficiência máxima de 7,2% esta tecnologia ainda fica aquém dos 12% de muitos dos painéis convencionais [21]. No entanto, não deixa de ser uma aplicação vantajosa para as áreas envidraçadas de grandes edifícios. O facto de se conseguir um balanço entre luz transmitida e luz absorvida, fazem com que, por exemplo, edifícios de escritórios com grandes fachadas envidraçadas dispostas a sul façam o uso de iluminação natural moderada (sem encandeamento) no seu interior aliada à produção energética.

De salientar que eficiência nestes casos nem sempre é solução. Na prática significa que painéis menos eficientes necessitam de tamanhos maiores, comparados com os painéis de maior eficiência, para produzirem a mesma quantidade de energia. Como os painéis transparentes podem ser integrados quer nas áreas envidraçadas quer no edifício em si, significa que a baixa eficiência é compensada pela área potencial de implementação.



Figura 27 - Exemplo de aplicação de painéis fotovoltaicos transparentes

1.3.3.3. Biomassa

A energia obtida deste género de produção é proveniente maioritariamente das plantas ou derivados das mesmas. Exemplos como plantas terrestres ou aquáticas, desperdícios agrícolas, resíduos industriais, lodo dos esgotos, resíduos animais ou municipais e, o mais utilizado a madeira, são os muitos recursos que permitem a obtenção de energia através do processo que é a biomassa.

Existem três grandes tecnologias para a conversão de biomassa em energia útil [18]:

- **Gasificação de Biomassa** - um processo termoquímico utilizado para converter a biomassa em estado gasoso. Normalmente para este processo é utilizado madeira e seus derivados e ainda vários resíduos agrícolas. O gás obtido é composto por uma mistura de Monóxido de Carbono (CO), Hidrogénio (H₂), Metano (CH₄), Dióxido de Carbono (CO₂) e Nitrogénio (N₂). Após gasificação, é possível gerar entre 10 kW e 1MW em energia. Esta energia produzida pode também ser utilizada para aplicações térmicas em pequenas indústrias até 3MW.

- **Biogás** - o processo de biometanização permite a conversão de biomassa em biogás. A utilização de estrume de animais é muito comum neste tipo de produção e seu uso em produção elétrica vai até zonas residenciais como por exemplo para fogões de cozinha, substituindo o gás natural.

- **Biodiesel** - O processo de transesterificação (reação entre as gorduras dos óleos e gorduras com um álcool e um catalisador) é usado para a produção do biodiesel e também muito utilizado na extração de óleo de sementes. Pode ser utilizada para geração elétrica assim como para força motriz (motores de automóveis ou outras máquinas).

Esta fonte renovável trás uma solução para o desperdício e resíduos resultantes das atividades do ser humano e como tal, reduz a dependência dos combustíveis fósseis. Enquanto que estes possuem uma renovação muito mais lenta e um ciclo de vida muito poluente, os

produtos que são usados na conversão de biomassa em energia são abundantes na natureza e no nosso dia a dia com uma capacidade de renovação muito maior e mais rápida.

No entanto, é necessário ter em atenção alguns pontos muito importantes para a sustentabilidade e melhor aproveitamento deste recurso renovável [18]:

- A madeira é a matéria-prima mais utilizada nos dias de hoje para a produção em biomassa. A sua exploração deve ser feita de uma forma bem sustentável e organizada para que a taxa de utilização não esgote estes mesmos recursos para necessidades futuras.

- O preço por unidade de uma planta para gasificação diminui com o aumento do tamanho da planta.

- O custo da geração de energia utilizando biomassa varia com o fator de carga da planta assim como o custo da produção do combustível

- Há um melhor aproveitamento de biogás quando usados para fins térmicos para substituir os combustíveis fósseis

- A humidade contida no biodiesel deve ser abaixo dos 20%. Quanto maior a quantidade de humidade, menor valor calorífico do mesmo.

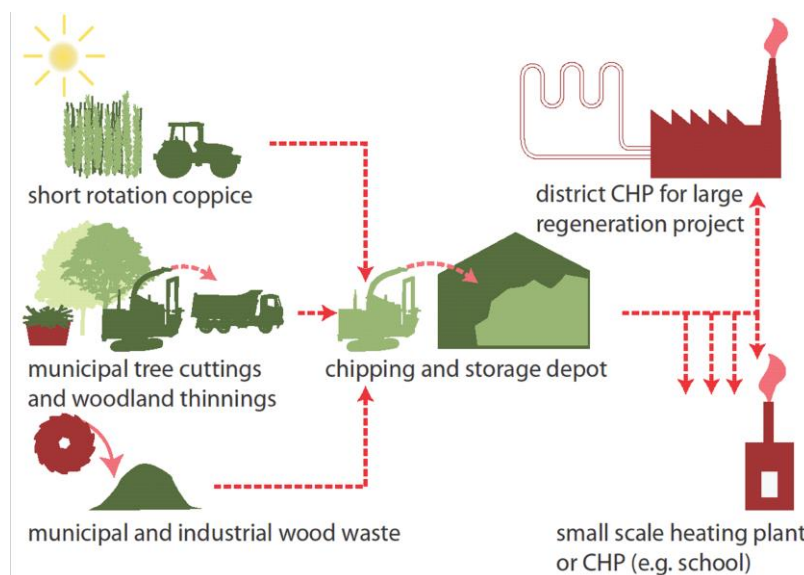


Figura 28 - Diagrama de produção de Biodiesel

3. Exemplo de NZEBs já existentes

3.2. Climas Quentes

3.2.1. ENERPOS - Énergie Positive



Figura 29 - Edifício ENERPOS [12]

Primeiro NZEB do Departamento Ultramarino Francês em Climas Tropicais e o primeiro edifício educacional dos trópicos com este conceito. O edifício foi desenhado com prioridade dada a componentes passivas como ventilação natural cruzada e sombreamento. Em termos de uso de energia, consome um sétimo da energia consumida pela média dos edifícios Universitários na Ilha da Reunião e produz sete vezes mais o seu próprio consumo através de sistemas fotovoltaicos integrados no telhado do mesmo. Com grande nível de monitorização, permite recolher informação ao minuto e separar por uso final. [12]

Fator de conversão: 3,3

Consumo energético do edifício ($kWh/m^2 \cdot ano$) [12]

Final: 16

Convertido: 52

Energia Fornecida através de Energias Renováveis ($kWh/m^2 \cdot ano$) [12]

Final: 115

Convertido: 380

A nível passivo, a sua exploração é feita através de arrefecimento, onde a porosidade da fachada principal é de 30% e são utilizadas persianas que impedem a incidência solar e consequente aquecimento interior. Possui também vegetação nativa (útil para reduzir o tempo de manutenção) a todo o seu redor, no pátio superior e também sobre o parque interior,

evitando assim o sobreaquecimento do edifício devido aos ventos quentes. Possui sombreamento através de tiras de madeira nas fachadas principais (norte e sul). A autonomia de luz natural é de 90% nas salas de aula. [12]

A nível ativo, a sua exploração é feita através de produção fotovoltaica com uma potência instalada de 77kWh e uma área de 365m² e células policristalinas. [12]

De realçar que devido ao uso de sistemas passivos, o edifício não conta com qualquer tipo de equipamento de refrigeração ou aquecimento instalado. [12]

3.2.2. ZEB@BCA Academy



Figura 30 - ZEB@BCA Academy com indicações de alguns sistemas usados [12]

Projeto pioneiro de pesquisa e desenvolvimento concebido sob a autoria do “*Green Building Master Plan*”, um programa criado pelo governo de Singapura em 2005 com o intuito de embarcar num movimento de construção de edifícios há base de energia limpa. Este tipo de NZEB adotou de forma inovadora de design que integra métodos passivos que reduzem a demanda energética por parte do edifício, assim como métodos ativos de sistemas de eficiência energética suportados pela energia gerada por Sistemas Fotovoltaicos no local. [12]

Fator de conversão: 2

Consumo energético do edifício ($kWh/m^2.ano$) [12]

Final: 40

Convertido: 80

Energia Fornecida através de Energias Renováveis ($kWh/m^2.ano$) [12]

Final: 44

Convertido: 87

A nível passivo, o edifício conta com métodos de ventilação natural, onde num dia tipicamente quente, a temperatura à superfície da Chaminé Solar chega a atingir os 60°C, enquanto que o ar no interior da mesma chega aos 47°C com um aumento há velocidade de 1,9 m/s. Isto permite que o ar fresco entre no edifício através das fenestraçãoes e faz com que o ar seja enviado para o interior. Este é complementado com um efeito de expulsão através de vento ambiente. O topo do edifício e a fachada virada para oeste contêm jardins que permitem sombreamento, reduzindo os ganhos de calor através de um efeito de refrigeração natural chamado evapotranspiração - perda de água da planta por transpiração. O edifício contém também *Light Shelves* nas janelas da fachada a oeste que aumentam a distribuição de luz solar no seu interior. Condutas espelhadas e tubos de luz complementam esta distribuição de luz solar nas outras fachadas do edifício. [12]

A nível ativo, o edifício conta com 3 *chillers*, suportados por 3 bombas de água, torres de arrefecimento e bombas de condensador de água. Para o ambiente do edifício, existe um sistema de distribuição e ar condicionado que melhora o conforto dos ocupantes a nível de temperatura e qualidade do ar. Um sistema de ar condicionado com captador e dupla hélice providencia o arrefecimento e a ventilação correta através de sensores de temperatura e de nível de CO₂. [12]

A iluminação geral é controlada por sensores de movimento. Luzes periféricas e áreas perto de locais bem iluminados pela luz natural são controladas através de foto-sensores. Toda a operação é monitorizada e gravada no Sistema de Gestão do Edifício (*Building Management System* - BMS), assim como os sistemas AVAC com monitorização a tempo real através de uma rede informática. [12]

Este projeto conta com um sistema de produção fotovoltaica 1540 m² com painéis policristalinos e amorfos. [12]

3.3. Climas Temperados

3.3.1. Solar XXI



Figura 31 - Parte do SOLAR XXI com painéis Fotovoltaicos na sua fachada [12]

O primeiro projeto português no toca a NZEB, com um décimo do gasto médio energético de um edifício de escritórios em Portugal. É considerado um “*plus Energy Building*” (maior produção que consumo). O aumento de ganho de calor na altura do Inverno foi um dos objetivos na planificação deste projeto tendo havido um estudo no que toca ao design, localização, orientação e tamanho das áreas envidraçadas escolhidos para este edifício. [12]

Fator de conversão: 2,5

Consumo energético do edifício ($kWh/m^2 \cdot ano$) [12]

Final: 24

Convertido: 60

Energia Fornecida através de Energias Renováveis ($kWh/m^2 \cdot ano$) [12]

Final: 25

Convertido: 63

A nível passivo, superfícies envidraçadas nas fachadas a sul permitem a entrada de luz natural que ilumina os espaços interiores. As mesmas superfícies contêm estores venezianos para proteger do encandeamento solar. A escadaria principal é iluminada naturalmente através de um telhado com claraboia. O edifício contém ventilação natural através de aberturas nas fachadas e telhados que criam ventos cruzados e “*stack effect*” que facilita a dispersão de calor. As fachadas abertas contêm respiradouros ajustáveis. O próprio edifício foi construído para providenciar uma maior capacidade térmica interior. Possui isolamento externo com poliestireno para reduzir o ganho de condução térmicas e diminuir as perdas. Sistemas subterrâneos de arrefecimento fornecem ar pré-arrefecidos pela própria terra e este é enviado para o edifício através de convecção natural ou forçada através de pequenas ventoinhas. [12]

Para as soluções ativas, o edifício possui 20 m² de painéis solares para o aquecimento das águas em que estes são assistidos por uma caldeira a gás natural nas alturas necessárias. Na produção de energia local, existem 300m² de painéis fotovoltaicos policristalinos e de silício amorfo com a capacidade de 127kWh/m².ano. [12]

3.3.2. Green Office



Figura 32 - Edifício Green Office, Paris, França [12]

Localizado em Paris, França, o Green Office é um edifício que utiliza o conceito de Casa Passiva, *Passivhaus*, com uma produção fotovoltaica 2,6 vezes maior que a sua demanda elétrica anual. [12]

Fator de conversão: 2,58

Consumo energético do edifício (kWh/m².ano) [12]

Final: 38

Convertido: 97

Energia Fornecida através de Energias Renováveis (kWh/m².ano) [12]

Final: 20

Convertido: 51

A nível passivo, o edifício possui isolamento externo e fachadas envidraçadas para melhorar o conforto térmico. A fachada a sul possui uma extensa área envidraçada para potenciar o aproveitamento da luz natural para iluminação do interior do edifício e estores venezianos para proteger do encandeamento. A escadaria principal possui luz natural devido a uma abobada no seu topo. Possui também jardins na sua superfície para melhorar o isolamento térmico e aberturas em ambos os lados opostos do edifício para facilitar a circulação natural do ar. [12]

Na parte ativa, o edifício possui produção energética fotovoltaica com uma área de 3758m² e uma produção esperada de 427850 kWh. Para aquecimento de água possui sistemas de painéis solares no telhado. [12]

3.4. Climas Frios

3.4.1. Centro de dia “Die Sprösslinge”



Figura 33 - Centro de Dia “Die Sprösslinge” [12]

Mais um edifício construído com base no conceito de casa passiva. Integra um design que mostra como um edifício para este fim deve ser otimizado no que toca a uso energético e geração de energia. Faz parte de uma iniciativa energética da Bayer e devido a esse motivo é altamente monitorizada.

Fator de conversão: 2,6

Consumo energético do edifício ($kWh/m^2 \cdot ano$) [12]

Final: 51

Convertido: 132

Energia Fornecida através de Energias Renováveis ($kWh/m^2 \cdot ano$) [12]

Final: 43

Convertido: 111

O edifício conta com partições transparentes e janelas de vidro triplo que ajudam nos ganhos solares passivos. Conta também com um sistema de ventilação central com aproveitamento de calor, abóbadas a norte, proteção solar exterior com *Shading Factor*, F_c , de 0,2 e persianas com ângulo fixo nos espaços entre abóbadas. No que toca a iluminação a geometria do próprio telhado do edifício permite que isso aconteça nas áreas centrais e interiores sem absorção excessiva de calor. [12]

3.4.2. Marché Kempthal



Figura 34 - Edifício Marché Kempthal [12]

Edifício de Escritórios e cadeia de restaurante/shopping conhecido na Suíça, Zurique, compacto e com o objetivo de reduzir ao máximo o consumo energético requisitado pelo mesmo.

Fator de conversão: 2

Consumo energético do edifício ($kWh/m^2 \cdot ano$) [12]

Final: 39

Convertido: 78

Energia Fornecida através de Energias Renováveis ($kWh/m^2 \cdot ano$) [12]

Final: 32

Convertido: 63

A construção foi feita através de materiais leves, sendo que contém 80mm de cimento no chão da mesma para aumentar a massa térmica. A sul, foram colocados materiais de mudança de fase (PCM - *Phase Change Material*), em que estes são usados como proteção solar e anti encandeamento. São usadas também grandes áreas envidraçadas a sul para que a luz natural seja aproveitada o máximo possível. [12]

Para a área de ativos deste edifício, o mesmo conta com uma fonte de bombagem de calor no subsolo com um consumo de 16,3kW e sistema de ventilação para controlar o conforto térmico no interior do edifício. Contém também um sistema fotovoltaico de 485m² com uma capacidade de produção de 82 kWh/m².ano. [12]

4. Panorama Geral de Financiamento e Legislação

O maior desafio e também o maior fator impeditivo para os NZEB é sem dúvida o nível de orçamento do projeto. A grande envolvente técnica arquitetónica ou tecnológica que este género de edifícios comporta, faz com que na maioria das vezes os empresários e empresas de construção coloquem de parte a necessidade de tornar os seus projetos sustentáveis e ecológicos devido ao custo inicial envolvido.

É com a cooperação governamental e programas de ajuda financeira que este ponto muito importante se torna ultrapassável. O alívio financeiro inicial permite que os resultados a longo prazo deste novo conceito possam falar por si.

1.1. União Europeia

Foi com diretivas como a de 2002/91/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 16 de dezembro de 2002 que a UE deu os primeiros passos na consciencialização sustentável, promovendo melhorias na eficiência energética dos edifícios. É mais tarde complementada com uma proposta de alteração para reforçar os seus requisitos sobre o desempenho energético dos edifícios com a Diretiva 2010/31/UE.

A partir do Acordo de Paris, a própria União Europeia fortaleceu e complementou o seu caminho para a sustentabilidade para o final desta década e a próxima. A alteração e criação de novos e mais sólidos regulamentos e decretos dão uma imagem promissora nos avanços da mesma para um futuro mais ecológico.

Inicialmente convém haver uma noção dos principais elementos deste Acordo:

- A longo prazo as nações representadas deverão manter o aumento da temperatura média mundial inferior aos 2°C em relação aos níveis pré-industriais e criar esforços para que esse aumento não seja superior a 1,5°C;
- Cada país antes e durante a conferência teve de apresentar planos de ação nacionais para a redução das suas emissões;
- Devem também, cada país, apresentar relatórios aos outros governos e ao público em geral sobre o desempenho realizado para atingir as suas metas, assegurando assim transparência e supervisão geral de todos os membros integrantes do acordo;
- Tanto a UE como os outros países desenvolvidos envolvidos continuarão a prestar financiamento nesta luta contra as alterações climáticas para assim ajudarem os países em desenvolvimento nas mesmas metas e assim criar resiliência global para os obstáculos que mais para a frente possam advir. [22]

1.1.1. Energias Limpas para todos os Europeus

É com o comunicado de 30 de novembro de 2016 que a Comissão Europeia descreve os seus esforços para uma Europa cada vez mais assente no futuro e no Acordo de Paris:

- Dar prioridade à eficiência energética
- Assumir a liderança mundial nas energias renováveis
- Estabelecer condições equitativas para os consumidores.

São estes os três objetivos principais para acelerar a inovação no domínio das energias limpas e renovar edifícios europeus. Medidas como, incentivar o investimento público e privado, promover iniciativas lideradas pela indústria para fomentar a competitividade e atenuar o impacto social da transição para as energias limpas, são algumas das quais se englobam dentro destes três tópicos importantes para o progresso europeu.

1.1.2. Dar prioridade à eficiência energética

Ao aumentar a proposta de eficiência energética para os 30% até 2030 é esperado que no máximo 70 mil milhões de euros entrem para o PIB, que 400 000 novos postos de trabalho sejam criados e, claro está, que ocorra uma redução da fatura de importação de combustíveis fósseis na UE. [23]

As obrigações de poupança de energia estabelecidas na ‘Diretiva Eficiência Energética’ [24], exigem aos fornecedores e distribuidores de energia uma poupança energética de 1,5% por ano. Uma medida que já vai demonstrando os seus resultados com a atração de investimento privado e no apoio a novos intervenientes no mercado como prestadores de serviços energéticos, incluindo agregadores, o que se continuará a verificar após 2020.

Os edifícios, como já foi referido anteriormente, representam 40% do consumo total de energia na UE e cerca de 75% destes são energeticamente ineficientes [25]. Esta área padece de inúmeros obstáculos e contratempos. Casos como escassez de capital, falta de informações fiáveis, ausência de trabalhadores qualificados ou dúvidas sobre os seus possíveis benefícios são as principais causas de, apesar de obras de conservação e beneficiação regulares, os números ainda serem tão elevados.

Desde 2016 e até 2020, o Banco Europeu de Investimento (BEI) e os Estados Membros, através da “Iniciativa Europeia para os Edifícios” desbloquearam mais 10 mil milhões de euros de fundos públicos e privados para a eficiência energética e a utilização de energias renováveis em edifícios, ajudando assim a desenvolver uma grande carteira de projetos passíveis de financiamento bancário e criar uma plataforma de eficiência energética em todos os Estados-Membros. Assim, esta iniciativa trará uma maior confiança no mercado de edifícios com energias limpas pois torna possível a disponibilização, aos investidores e a outras partes interessadas, de dados relativos ao desempenho técnico e financeiro de mais de 7 000 projetos europeus sobre a eficiência energética industrial e dos edifícios. [7]

A Comissão Europeia tem também outro alvo, no toca a eficiência energética, onde esta decidiu centrar mais a sua atenção. A política relativa aos produtos com maior potencial de poupança em termos de energia e economia circular, centrando-se em dois aspetos, a conceção ecológica e a rotulagem energética. A CE adotou em 2016 um pacote composto pelo Plano de Trabalho em matéria de Conceção ecológica. [26] Este plano visa estabelecer as prioridades da Comissão até 2020. Em conjunto, todas essas medidas do plano têm a capacidade de assegurar, no total, mais de 600 TWh de poupanças anuais de energia primária em 2030, valor comparável ao consumo anual de energia primária de um Estado-Membro de dimensão média. Garantindo assim a posição de toda a UE como líder mundial em matéria de padrões de eficiência dos produtos. [7]

1.1.2.1. Investimento Inteligente para Edifícios Inteligentes

A mobilização de investimentos a nível social, regional e local e o aumento do crescimento do emprego, a poupança de energia, resultante duma redução de custos de funcionamento e estilos de vida e ambientes de trabalho mais saudáveis para os cidadãos, o alívio da pobreza energética, com especial incidência na resolução do problema dos edifícios públicos e habitações sociais energeticamente ineficientes são, alguns dos aspetos que tornam cada vez mais benéficas as abordagens de reestruturação, renovação e sustentabilidade das infraestruturas europeias em geral.

O setor da construção, por si só, assegura 18 milhões de postos de trabalho e gera 9% do PIB europeu. [27]

É com o Plano de Investimento para a Europa que o Fundo Europeu para Investimentos Estratégicos (FEIE) 2.0 que será possível desbloquear o financiamento privado a favor da eficiência energética e das energias renováveis nos edifícios a uma maior escala. São já 22% de 154 mil milhões de euros de investimento global por parte destes métodos de financiamento relacionados com o setor da eficiência energética e das energias renováveis e é com este sucesso do FEIE que a Comissão Europeia propôs prolongar a sua vigência até 2020 e exigiu que pelo menos 40% dos projetos da vertente de infraestruturas e inovação deste fundo em consonância com os objetivos da COP21. Assim torna-se possível uma alavancagem de verbas públicas e privadas em apoio da transição para a economia circular hipocarbónica (baixas emissões de carbono). [27]

A CE apoia também a aplicação de parte significativa dos fundos nos municípios e regiões devido a estes intervenientes locais e regionais terem um papel crucial no apoio aos edifícios baseados em energias limpas através de decisões em domínios como normas de construção e planeamento urbano. Assim, os municípios e regiões são incentivados a pôr em prática certas decisões destinadas a reduzir as emissões locais, aumentar a resiliência e garantir acesso a energia limpa e a preços acessíveis para todos através das iniciativas referidas anteriormente e com outros incentivos como o “Pacto de Autarcas para o Clima e Energia”. [27]

Este pacto referido tem como objetivo juntar partes municipais interessadas no avanço ambiental e cooperação para cumprir os objetivos propostos pela UE de redução de 40% dos gases efeito de estufa até 2030. Um pacto que já conta com 53 países e mais de 7000 autarquias que englobam mais de 200 milhões de pessoas. Esta iniciativa visa ajudar o compromisso político a alcançar com medidas práticas e projetos que ajudem dentro da área referida. Após a entrada no plano, num espaço de 2 anos é realizado o Plano de Ação Climática e Sustentabilidade Energética (SECAP), um guia que indica as ações chaves necessárias para o município em questão com um Inventário base de emissão que procura ações de mitigação e avaliação de vulnerabilidade e risco climático. Um compromisso mais específico entre as cidades e o mundo. [28]



Figura 35 - Números relativos ao programa 'Pacto de Autarcas'

1.1.2.2. Acelerar o recurso a energias limpas

Três focos são divulgados por este comunicado que, se realizados de forma eficaz, permitirão a realização e manutenção de projetos benéficos para as metas a serem cumpridas: [27]

- **Utilização mais eficaz do financiamento público** - maximizar a utilização do financiamento público disponível através de instrumentos financeiros, alguns dos quais referidos anteriormente, abordando as deficiências do mercado identificadas e orientando melhor as subvenções para os consumidores mais vulneráveis. Por exemplo, a prestação de assistência de fundos públicos através da estruturação e aplicação de instrumentos financeiros para além dos já existentes como a Plataforma Europeia de Aconselhamento ao Investimento, fi-compass ou rede de autoridades de gestão e energia, onde a Comissão organizará uma série de eventos regionais de desenvolvimento de capacidades com a participação de importantes decisores e partes interessadas.

- **Agregação e assistência ao desenvolvimento de projetos** - com a existência de um portefólio em grande escala de projetos passíveis de financiamento bancário destinados a alimentar as plataformas de investimento e os instrumentos financeiros é essencial para o êxito de todas as iniciativas relativas aos temas abordados. O grande problema é o facto de muitos promotores de projetos não disporem das competências e capacidades para criar, executar e financiar projetos de construção ambiciosos baseados em energias limpas. Como tal, a Comissão comprometeu-se a reforçar mecanismos existentes de assistência ao desenvolvimento de projetos focados na implementação de métodos energéticos eficientes a nível da UE, como é exemplo o projeto ELENA (juntamente com o BEI dentro do programa Horizon 2020). Comprometeu-se também a encorajar os Estados-Membros a desenvolverem balcões únicos locais ou regionais específicos destinados aos promotores dos projetos que abrangem todo o percurso do consumidor (obrigações de poupança de energia dos Estados-Membros prevista no artigo 7.º da Diretiva Eficiência Energética).

- **Redução dos riscos** - o terceiro pilar da Comissão Europeia para este tema em que, tal como solicitado pelas instituições financeiras [29], os investidores e financiadores têm de compreender melhor os riscos e benefícios reais dos investimentos em edifícios

energeticamente sustentáveis com base nos dados de mercado concretos e historial de desempenho. Como tal, a Comissão comprometeu-se a:

- **Lançar uma Plataforma de Redução dos Riscos de Eficiência Energética** onde divulga o desempenho técnico e financeiro de mais de 5 mil projetos europeus de eficiência energética nos edifícios e nas indústrias.

- **Criar um quadro consensual para a subscrição de investimentos em edifícios energeticamente sustentáveis**, coproduzido pelo Grupo Financeiro Institucional para a Eficiência Energética [30] e agendada para 2017, permitindo assim ajudar instituições financeiras a integrar os principais benefícios energéticos na sua prática empresarial, reduzindo assim custos de transações e aumentando a confiança dos investidores. Assim, será possível desbloquear o mercado hipotecário verde. [27]

Há a necessidade de desbloquear o potencial de crescimento e de emprego do setor da construção, principalmente devido aos passados anos de crise nesta área em países como Portugal. Usando os resultados do balanço de qualidade da construção, estes poderão vir a garantir uma maior coerência na legislação relativa ao mercado interno e à eficiência energética. P.e., requisitos resultantes da regulamentação em matéria de conceção ecológica devem ser integrados, caso necessário, nas normas harmonizadas ao abrigo do Regulamento de Produtos da Construção aplicáveis aos mesmos produtos, proporcionando assim aos fabricantes um quadro único para o ensaio de produtos. [27]

1.2. Portugal

É com o Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de agosto que é introduzido em Portugal o conceito NZEB, que, de acordo com o Artigo 16º, define-o como *“um edifício com necessidades quase nulas de energia, ou seja, é um edifício com um elevado desempenho energético e em que a satisfação das necessidades de energia resulte em grande medida de energia proveniente de fontes renováveis, designadamente a produzida no local ou nas suas proximidades”* [31].

Dois anos depois, é publicado no Diário da República o Decreto-Lei n.º 251/2015, de 25 de novembro, que resultou da alteração do anterior Decreto-Lei referido, aprovando assim o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE) e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS).

Outras alterações importantes também foram feitas ao anterior Decreto [32],

- Extensão a todo o tipo de intervenção para além das de grandes dimensões em relação à aplicação de requisitos técnicos na instalação de novos sistemas e na substituição ou renovação dos existentes

- Exclusão do SCE os edifícios ou frações exclusivamente destinados a estacionamento não climatizados e oficinas e os armazéns em que a presença humana não seja significativa (não ocorrendo por mais de 2 horas/dia ou não representando uma ocupação superior a 0,025 pessoas/m²).

- O pré-certificado energético passa a valorizar a utilização e a viabilidade do recurso a sistemas alternativos de elevada eficiência energética. Sistemas descentralizados de fornecimento energético que utilizem energia renovável; cogeração; redes urbanas ou coletivas de aquecimento ou arrefecimento que utilizem energias renováveis e bombas de calor.

- A validade dos certificados energéticos emitidos para grandes edifícios de comércio e serviços passa a ser de 8 anos. As avaliações energéticas serão feitas com a mesma frequência.

- São excluídos do âmbito de aplicação do regulamento de desempenho energético os monumentos e edifícios individualmente classificados ou em vias de classificação e os edifícios integrados em conjuntos, quando o cumprimento de requisitos mínimos de desempenho energético altere de forma inaceitável o seu caráter ou aspeto.

- O cumprimento dos requisitos de conceção em edifícios sujeitos a grandes intervenções e à instalação e melhoria dos sistemas técnicos pode ser dispensado quando a Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG) considere existir inviabilidade técnica, funcional e/ou económica no seu cumprimento.

1.2.1. Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética

Criado após a Diretiva nº 2006/32/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, relativa à eficiência na utilização final de energia e aos serviços energéticos, tendo traçado como objetivo global nacional indicativo de economia de energia, 9% até 2016. No entanto em 2011 a Comissão Europeia concluiu, que a dificuldade no cumprimento do objetivo traçado no que respeita à eficiência energética exigia a alteração do quadro jurídico europeu nesta matéria. Criando assim a Diretiva nº 2012/27/EU, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de outubro de 2012, estabelecendo um novo enquadramento que promove a eficiência energética na UE e as ações definidas no Plano de Eficiência Energética de 2011. Contudo, a maioria das preocupações que justificaram a aprovação da referida Diretiva nº 2012/27/EU já se encontravam consagradas na legislação nacional portuguesa, em particular no que respeita ao Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética, PNAEE, para o período de 2013 - 2016 aprovado pela Resolução do Conselho de Ministros nº 20/2013, de 10 de abril. [33]

Foi em 2016 que o PNAEE passou a abranger seis áreas específicas, incluindo as áreas já anteriormente integradas no PNAEE de 2008. Sendo elas os Transportes, Residencial e Serviços, Indústria, Estado, Comportamentos e Agricultura. Estas incluíram um total de 10 programas que integram um leque de medidas de melhoria da eficiência energética. [33]

O PNAEE 2016 é essencialmente executado através de medidas regulatórias, mecanismos de diferenciação fiscal e apoios financeiros provenientes de fundos que disponibilizem verbas para programas de eficiência energética:

- Fundo de Eficiência Energética (FEE);
- Plano de Promoção da Eficiência no Consumo de Energia Elétrica (PPEC) promovido pela Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos (ERSE) no quadro do PNAC;
- Fundo Português de Carbono (FPC)
- Portugal 2020 e outros instrumentos financeiros comunitários

1.2.1.1. Fundo de Eficiência Energética

O Fundo de Eficiência Energética, FEE, é um instrumento financeiro criado através do Decreto-Lei nº 50/2010, cujo este lhe dá a capacidade de financiar programas e medidas previstas no PNAEE em todas as suas linhas de atuação. [34]

Uma solução a nível nacional para capacitar o cumprimento das metas estabelecidas para o desenvolvimento económico, social e territorial nesta área entre 2014 e 2020, ou seja, a política “Portugal 2020”, com a ajuda dos Fundos Europeus Estruturais e de Investimento. [34]

O FEE tem como objetivo financiar programas e medidas que constem do anexo à Resolução do Conselho de Ministros nº 80/2008, de 20 de maio, nomeadamente através das áreas de projetos de cariz predominantemente tecnológico nas áreas dos transportes, residencial e serviços, indústria e sector público e ainda nas ações de cariz transversal indutoras da eficiência energética nas áreas dos comportamentos, fiscalidade e incentivos e financiamentos. [34]

No entanto, se devidamente comprovados para melhoria da eficiência energética, o Fundo pode apoiar projetos não previstos no PNAFF. [34]

No ano de 2017, segundo o Relatório de Atividades e Contas do FEE, o mesmo teve disponível um financiamento de 1 milhão 600 mil euros relativo ao concurso relacionado com Aviso 23 (programa de financiamento estipulado) lançado nesse ano. No mesmo relatório é referido três dos próximos avisos a aguardar aprovação [34]:

- **Aviso 24** - Eficiência Energética na Administração Pública, com o montante de 3 milhões de euros;

- **Aviso 25** - Eficiência Energética nos Edifícios, com o montante de 2 milhões de euros;

- **Aviso 26** - Eficiência Energética na Indústria, Agricultura, Floresta e Pescas, com o montante de 1 milhão e 350 mil euros

No mês de julho, o Aviso 25 foi publicado, tendo sido alterado para 3 milhões e 100 mil euros, no entanto acessíveis a apenas dois géneros de beneficiários.

- **Beneficiário A** - pessoas singulares proprietárias de edifícios de habitação existentes e ocupados unifamiliares ou de frações autónomas em edifícios multifamiliares; [35]

- **Beneficiário B** - Pessoas coletivas de direito privado, proprietárias de edifícios de serviços existentes e ocupados, com exceção de todas as entidades com a CAE 01 a 33 (Classificação Portuguesa de Atividades Económicas). [35]

1.2.1.2. Plano de Promoção da Eficiência no Consumo de Energia Elétrica

Com o objetivo prioritário de apoiar financeiramente iniciativas que promovam a eficiência e redução do consumo de eletricidade nos diferentes segmentos de consumidores o PPEC encontra-se na sua 6ª edição.

O PPEC 2017-2018 aprovou 75 medidas que serão implementadas por 33 promotores. Estas medidas foram selecionadas entre 224 medidas apresentadas por 79 promotores através de um concurso competitivo. O valor total das medidas propostas a concurso foi de 61,9 milhões de euros [36]. As medidas candidatas foram avaliadas pela ERSE e a DGEG.

A homologação final das medidas do PPEC 2017-2018 foi decidida pelo Despacho nº 155355/2016, de 21 de dezembro 2016.

De notar que os benefícios sociais a alcançar com a implementação das medidas aprovadas rondaram os 111 milhões de euros, sendo muito superiores aos custos que foram cerca de 23 milhões. Os efeitos benéficos das medidas permanecerão até 2037, representando cerca de 1470 GWh de consumo evitado acumulado. [36]

1.2.1.3. Fundo Português do Carbono

Criado pelo Decreto-lei nº 71/2006, de 24 de março, alterado pela Lei nº 64-A/2008 de 31 de dezembro, pelo Decreto-Lei nº 29-A/2011, de 1 de março e pela Lei nº 66-B/2012, de 31 de

Dezembro, destina-se a apoiar a transição para uma economia de baixo carbono através de financiamento ou cofinanciamento de medidas que contribuam para o cumprimento dos compromissos do Estado Português no âmbito do Protocolo de Quioto e de outros compromissos internacionais e comunitários na área das alterações climáticas. [37]

O quadro Estratégico da Política Climática 2030 (RCM nº 56/2015, de 30 de julho) destaca o papel do FPE enquanto instrumento privilegiado para a implementação das políticas climáticas, estruturando a sua atuação nas seguintes áreas de intervenção: mitigação, adaptação e gestão de riscos, investigação e desenvolvimento, cooperação e internacionalização, comunicação e sensibilização e desenvolvimento e medidas de execução da política climática nacional e mercado de carbono. [37]

1.2.1.4. Portugal 2020

Um acordo de parceria entre Portugal e a Comissão Europeia que visa a atuação dos 5 Fundos Europeus Estruturais e de Investimento - FEDER, Fundo de Coesão, FSE, FEADER e FEAMP - no qual estão definidos os princípios quer a nível de desenvolvimento económico, social e/ou territorial, em Portugal, entre 2014 e 2020. Estes princípios estão alinhados com o Crescimento Inteligente, Sustentável e Inclusivo, prosseguindo a Estratégia Europa 2020. [38]

Com isto Portugal obteve um financiamento de 25 mil milhões para os 6 anos para os quais definiu os Objetivos Temáticos para estimular o crescimento e a criação de emprego, intervenções necessárias para os concretizar e as realizações e resultados esperados.

Portugal 2020 é constituído por [38]:

- 4 Programas Operacionais Temáticos no Continente
 - Competitividade e Internacionalização;
 - Inclusão Social e Emprego;
 - Capital Humano;
 - Sustentabilidade e Eficiência no uso dos Recursos;
- 5 Programas Operacionais Regionais no Continente
- 2 Programas Regionais nas Regiões Autónomas
- 9 Programas Operacionais de Cooperação Territorial Europeia
- 3 Programas de Desenvolvimento Rural
- 1 Programa para o Fundo Europeu dos Assuntos Marítimos e das Pescas (FEAMP)
- 1 Programa Operacional de Assistência Técnica.

Capítulo 3 - Caso de Estudo

1. Casa da Música

1.1. Introdução e História



Figura 1 - Foto da Casa da Música em Construção

Projetada pelo arquiteto Rem Koolhaas, a Casa da Música é considerada um ícone da arquitetura contemporânea em Portugal. Um projeto arriscado que envolveu grandes feitos de engenharia para que a forma geométrica ímpar do edifício no papel pudesse corresponder com a realidade. Esta obra, foi levada a cargo pelas empresas Ove Arup, de Londres, e Afassociados, do Porto.

Um ponto de referência da cidade do Porto aclamado internacionalmente e muito elogiado por grandes críticos da arquitetura, como é exemplo de Nicolai Ouroussoff do New York Times. Chega a ser declarada, por parte deste, como “(...) uma das mais importantes salas de espetáculos construída nos últimos 100 anos”. [39]

As escavações iniciaram-se ainda em 1999, no espaço da antiga Remise do Porto na Rotunda da Boavista, com o intuito de sinalizar o Porto como Capital da Cultura em 2001. No entanto, esta viria a ser inaugurada apenas na Primavera de 2005, no dia 15 de abril. [40]

“A principal característica do projeto é a continuidade visual que se estabelece não só entre o interior e o exterior, mas também entre os próprios espaços de referência dentro do edifício. Uma relação de mistério, uma ambiguidade que provoca os sentidos, uma sensação de “caixa de surpresas” que acompanha o percurso do início ao fim.” [41]

Estamos então a falar de um edifício de quase 38.000m² [41] construído para não só, albergar uma das mais bem concebidas salas de espetáculos do mundo, mas também para marcar todo o panorama e paisagem da sempre intemporal Rotunda da Boavista. A junção das incomuns linhas do edifício com o lado antigo e urbano da cidade do Porto trouxeram um novo capítulo quer para a história da Boavista quer para a própria cidade.

1.2. Características Gerais



Figura 2 - Casa da Música do Porto

O Edifício em si tem uma área de construção de 20.136m² sendo que este é constituído por 17.000 m³ de Betão Branco e 4,000 m³ de Betão Cinzento. O conjunto de 10 andares mais 3 andares subterrâneos juntamente com garagem, dão à Casa da Música uma altura de 40 m relativa à parte visível do edifício e uma totalidade de 52 m. A sua constituição baseia-se na sala de espetáculos principal, Sala Suggia, a Sala 2, segundo maior auditório da mesma, outras pequenas salas (p.e. Sala Vip, Cibernúsica, entre outros), que ocupam algumas zonas em volta da sala principal, alguns locais de lazer e restauração, camarins, salas de ensaios, salas técnicas de áudio e vídeo, escritórios, sala central de controlo, operação e manutenção (regulada pela empresa Manvia), locais de armazém de equipamentos e zonas designadas para staff e funcionários da Casa da Música. [41]

1.2.1. Sala Suggia

É o coração da Casa da Música, com a função de não só permitir a conceção de grandes espetáculos musicais com uma plateia de 1238 lugares (sala cujo nome pretende homenagear um expoente mundial do Violoncelo no século XX, a portuense Guilhermina Suggia), como também é como uma âncora a todo o edifício, permitindo que os principais percursos do edifício se desenhem à sua volta. Possui 7 janelas que a ligam quer ao exterior quer a outros espaços, proporcionando diferentes ângulos de visão. A única sala de concertos do planeta onde se pode tocar música exclusivamente com luz natural. A mesma, ocupa o edifício do piso 2 ao piso 4. [41]



Figura 3 - Palco da Sala Suggia

1.3. Características Técnicas

Este edifício está equipado com uma Sala de Operação, Controlo e Manutenção central, onde a principal atividade é a monitorização de todo o sistema AVAC do edifício. Dada à sua dimensão e espaços designados puramente pelo seu valor estético e cultural, o apoio deste sistema é muito importante uma vez que os níveis de isolamento do mesmo não serem muito vantajosos.

1.3.1. Horário de Funcionamento da Casa da Música

Para uma correta análise, é importante referir o funcionamento do próprio edifício. Sendo os horários mais importantes, ou de maior consumo, na altura em que o mesmo está aberto ao público[41]:

- **Segunda a Sábado** - está funcional das 9:30 às 19:00 horas,
- **Segunda a quarta** - Restaurante aberto das 12:30 às 15:00 e das 19:30 às 23:00 horas
- **Quinta a Sábado** - Restaurante aberto das 12:30 às 15:00 e das 19:30 às 24:00 horas
- **Domingos e feriados** - aberta das 9:30 às 18:00 horas e o Restaurante encontra-se encerrado
- **Dias de Espetáculo** - aberto até ao final do espetáculo e a bilheteira e loja ficam abertas até meia hora após o início do mesmo
- **Noites de concerto** - O bar do piso 2 encerra uma hora após o final do mesmo

Conclui-se que, o horário diário geral é de 9 horas e 30 minutos de Segunda a Sábado e aos domingos e Feriados de 8 horas e 30 minutos. Isto equivale a, no mínimo, 65 horas e meia semanais de funcionamento.

1.3.2. Consumo Energético

A nível técnico, a Casa da Música está classificada como “Estabelecimento Recebendo Público” [42], tendo sido regida por determinados parâmetros e obrigações necessárias para o tipo de instalações elétricas que alberga, descrito no Diário da República nº 175 Série I de 11/09/2006.

O abastecimento elétrico é feito a um valor normal de tensão de 15kV a partir de uma rede de Média Tensão. O Posto de Transformação do edifício, composto por dois transformadores, tem as características 15000/400-230 V, 50Hz com uma Potência Aparente total de 2500 kVA.

Na Tabela seguinte apresenta-se o consumo anual médio que a Casa da Música teve nos últimos 10 anos [42]:

Tabela 1 – Consumo médio Anual da Casa da Música por Períodos Horários

Média Anual de Consumo (kWh/ano)	
Super Vazio	181 714
Vazio Normal	583 622
Cheia	1 142 816
Ponta	344 967

Para uma melhor compreensão dos valores apresentados na Tabela 4 e para os próximos cálculos, o horário referente a cada Período de Carga encontra-se descrito na próxima Tabela.

Tabela 2 – Ciclo Semanal para todos os fornecimentos em Portugal Continental.

Ciclo semanal para todos os fornecimentos em Portugal Continental			
Período de hora legal de Inverno		Período de hora legal de Verão	
De segunda a sexta		De segunda a sexta	
Ponta	09:30/12:00 h	Ponta	09:15/12:15 h
	18:30/21:00 h		
Cheia	07:00/09:30 h	Cheia	07:00/09:15 h
	12:00/18:30 h		12:15/24:00 h
Vazio Normal	21:00/24:00 h	Vazio Normal	00:00/02:00 h
	00:00/02:00 h		06:00/07:00 h
Super Vazio	06:00/07:00 h	Super Vazio	02:00/06:00 h
	02:00/06:00 h		
sábado		sábado	
Cheias	09:30/13:00 h	Cheias	09:00/14:00 h
	18:30/22:00 h		20:00/22:00 h
Vazio Normal	00:00/02:00 h	Vazio Normal	00:00/02:00 h
	06:00/09:30 h		06:00/09:00 h
Super Vazio	13:00/18:30 h	Super Vazio	14:00/20:00 h
	22:00/24:00 h		22:00/24:00 h
Domingo		Domingo	
Vazio Normal	00:00/02:00 h	Vazio Normal	00:00/02:00 h
	06:00/24:00 h		06:00/24:00 h
Super Vazio		Super Vazio	
02:00/06:00 h		02:00/06:00 h	

Fonte: ERSE

Da análise da Tabela 5 conclui-se que, o seu maior consumo anual é referente às horas de Cheias, principalmente das 12:00 as 18:30 horas e das 21:00 as 24:00 horas, sendo expectável uma vez que se trata de um edifício maioritariamente dedicado a espetáculos e concertos.

1.3.3. Iluminação

Apesar de não seguidos à risca, o estipulado para este edifício a nível de Iluminação são [42]:

- **Gabinetes e Locais de Trabalho** - 500 lux
- **Corredores e zonas de circulação** - 150 lux
- **Outras salas** - 300 lux

O motivo do não seguimento deve-se principalmente a dois fatores, o primeiro é por alguns gabinetes e locais de trabalho possuírem uma boa área de fenestração que permite o uso de menor quantidade de luz artificial. O segundo é devido a grande parte das salas serem direcionadas para o espetáculo e/ou ensaios dos mesmos, sendo que cada utilizador pode ter os seus requisitos próprios de iluminação.

A iluminação, sem contar com cénicas devido à sua importância e complexidade, tem desde 2010 sofrido uma alteração do tipo de luzes fluorescentes para LEDs, sendo que a substituição é feita a cada altura que uma luz fluorescente termina o seu período de vida [42].

1.4. Análise do Caso de Estudo

A Casa da Música é um bom exemplo da dificuldade de implementação do conceito NZEB, devido ao seu valor arquitetónico e cultural. Cada canto e cada espaço foi pensado ao detalhe pelo Arquiteto Rem Koolhaas e por respeito à sua obra, qualquer tipo de alteração não deve alterar a vista panorâmica da infraestrutura de qualquer forma.

Para cada elemento de solução ativa ou passiva abordada nesta dissertação (Capítulo 2 - Ponto 2), será dado o parecer crítico sobre o porquê da viabilidade ser ou não possível (algumas técnicas podem ser analisadas em conjunto com outras devido ao seu propósito final comum):

- **Vegetação** - O facto de um dos objetivos do edifício ser um ponto de desequilíbrio perante o panorama verde da Rotunda da Boavista faz com que qualquer tipo de vegetação precise de um propósito muito específico e um valor muito importante de alteração positiva a nível de eficiência para a permissão de qualquer espaço verde nas imediações do edifício;

- **Isolamento Térmico** - Devido à sua constituição de betão branco e cinzento ter o valor visual arquitetónico tanto no exterior como interior, fazem com que esta técnica seja posta de parte para uma solução energética. Muitos edifícios culturais têm este problema devido a todo o seu valor quer panorâmico quer estético e os orçamentos vultuosos necessários para repor o aspeto original após a colocação do isolamento;

- **Massa Térmica e Ventilação Natural** - Devido aos seus corredores amplos e certas áreas envidraçadas no topo, há a possibilidade de uma circulação de ar, principalmente no horário noturno de Verão para um arrefecimento natural do seu interior. A Massa Térmica do edifício, mesmo não tendo o melhor isolamento pode ser beneficiada pois, a nível de termodinâmico, o ar quente do interior escapa pelas aberturas do topo permanecendo apenas o ar fresco das temperaturas mais baixas das horas noturnas. Assim, durante o dia a sua

temperatura pode ser mantida a níveis confortáveis mais facilmente e com menor uso energético;

- Fenestração e Luz natural** - As áreas envidraçadas são poucas para um edifício destas dimensões. No entanto, cada área envidraçada é pensada ao pormenor, incluindo as duas principais das fachadas a oeste e este, que representam os limites longitudinais da Sala Suggia e cujo formato ondulado e toda a sua composição foi feita para que a nível acústico a própria mantenha o seu grande valor de importância. Adicionar novas áreas envidraçadas não é opção devido à operação complexa e dispendiosa de substituir as já existentes;

- Sombreamento e Luz Natural** - A possibilidade de sombreamento não é posta em causa neste projeto, primeiro por requerer alterações a nível visual na fachada exterior e segundo por os locais de escritório com fenestração não terem uma incidência forte da luz solar. Zonas como o Bar do Artista no Piso 0 ou os escritórios nas fachadas este e oeste são zonas que a própria arquitetura cria o seu próprio sombreamento evitando encadeamento em qualquer hora do dia nessas fenestrações. A nível circundante, as únicas possibilidades de sombreamento ocorrem nos primeiros raios solares do dia devido ao edifício da EDP a oeste e depois ao pôr do sol devido à vegetação da Rotunda da Boavista a este

- Cool Roof** - Esta técnica, devido à cor branca do betão por todo o edifício já de si está em parte implementada;

- Arrefecimento através de evaporação** - Esta técnica não é exequível devido à inexistência de qualquer corpo de água, seja rio, lago ou charco nas imediações do edifício;

- AVACs** - O sistema AVAC do edifício é já de si bastante complexo e contempla uma unidade de controlo e operação central. O uso de gás natural é a opção mais rentável nos dias de hoje devido ao seu ainda relativo baixo custo. No entanto é um caso a explorar nos próximos anos para outros recursos mais ecológicos cujos preços têm vindo a diminuir ao longo do tempo (Ex: Biomassa);

- Coletores Solares** - A impossibilidade a nível estético de colocar qualquer tipo de objeto no exterior do edifício dificulta a utilização de coletores solares para este projeto

- Trigeração, Arrefecimento Radiante, Sistema de Bomba Térmica** - Devido ao seu alto custo de instalação, tamanho ocupado necessário e impossibilidade de qualquer tipo de implementação que venha a alterar o interior da própria Casa da Música, torna estas soluções não viáveis para o projeto;

- LEDs** - Como já referido anteriormente, este é um assunto que tem vindo a ser implementado aos poucos no edifício;

- Produção Fotovoltaica** - O impedimento de colocação de um sistema fotovoltaico no topo do edifício devido ao grande tamanho e alteração estética da vista panorâmica para a Casa da Musica torna a implementação desta tecnologia difícil

- Biomassa** - O crescente interesse na utilização desta tecnologia a nível Europeu, torna esta técnica uma possibilidade para geração quer elétrica quer térmica. No entanto, o alto custo de aquisição e instalação de um sistema de pequenas dimensões (sendo estas bem maiores que as dimensões das caldeiras e geradores a gás natural) ainda não permite para já esta implementação.

2. Propostas para o Caso de Estudo

Com a análise anterior foi possível verificar a dificuldade de implementação de qualquer técnica inerente ao conceito NZEB. Muitos edifícios como a Casa da Música têm grandes restrições no que diz respeito a qualquer alteração do seu funcionamento ou da sua estrutura. É, portanto, necessário entender que o valor cultural, patrimonial e histórico de um edifício como este, deve ser respeitado quando se procura arranjar soluções rentáveis e sustentáveis.

Este último tópico desta dissertação vem por fim revelar algumas propostas que podem ser consideradas como planos de ação quer pelo seu valor ecológico, estético e sustentável, quer pela sua forma de consciencialização ambiental e sustentável das pessoas que têm a Casa da Música como um ponto da sua rota até ao trabalho, até casa, ou simplesmente de visita.

Outro ponto importante é o financiamento. Os projetos NZEB, devido ao seu impacto ambiental e de sustentabilidade, possibilitam a obtenção de fundos financeiros para a sua implementação. Desde o programa Portugal 2020 ao Fundo de Eficiência Energética e PNAEE, a possibilidade de obtenção de fundos é fundamentada.

1.1. Proposta Passiva - Telhados Verdes

A incapacidade de alterar a estrutura do próprio edifício tornou a implementação de telhados verdes quase impossível.

Nos últimos tempos inúmeras vantagens estão associadas à utilização de telhados verdes.

Primeiro, numa perspetiva estética, devido ao contraste que é possível obter numa zona urbana entre o verde e as cores mais escuras dos edifícios. Segundo, e mais importante, devido ao seu aproveitamento para climatização natural do próprio edifício. Esta técnica funciona como um isolante natural, diminuindo a necessidade do uso de AVACs para manter as temperaturas no interior confortáveis, independentemente das oscilações térmicas ao longo do ano. Consequentemente, é possível alcançar uma poupança energética.

No entanto, e como já foi referido, isto conduzirá a uma alteração estética do edifício. Mas, pelas mesmas razões estéticas, esta implementação poderá não retirar valor ao edifício, mas sim adicionar. A figura 36 representa o possível local para implementação do telhado verde onde se consegue observar manchas referentes a humidade e sujidade devido ao desgaste do material, à sua exposição à poluição da cidade e aos tempos mais húmidos na época de Inverno e Primavera. É possível comparar a cor que deveria existir através das áreas inferiores a algumas das fenestraçãoes e saídas de ar existentes.



Figura 4 - Lado do telhado a implementar o Telhado Verde. Fotografia tirada em junho de 2018, no horário de maior exposição solar

A esta vantagem acresce o facto de após mais de 10 anos de existência, seja implementada uma nota de inserção do edifício no seu panorama circundante (áreas verdes, principalmente da rotunda da Boavista). A Figura 37 é uma ilustração manipulada em Photoshop para uma melhor percepção de como ficaria a Casa da Música com esta técnica.



Figura 5 - Representação em Photoshop do aspeto de uma implementação básica de Telhado Verde

No entanto, a técnica escolhida para este telhado verde para além de estética tem em conta vários fatores como custo, manutenção e dificuldade de acesso ao local designado. Portanto, e indo ao encontro dos pontos referidos, foi possível, com a ajuda da empresa Terracell, chegar a uma forma de aliar a componente arquitetónica à rentabilidade desta proposta.

1.1.1. Terracell - Projeto XEROFLOR

A Terracell é uma empresa sediada em Lisboa cuja função é representar e instalar produtos tecnologicamente avançados para o tratamento, aplicação e estabilização de solos, restauração paisagística e melhoramento do impacto visual em zonas de fraca harmonização ambiental.

O Projeto XEROFLOR (brochura colocada em Anexo) pode consistir em dois tipos, dependendo da inclinação da cobertura:

- De 0 a 2° é utilizado uma manta de Basalto com vegetação.
- De 2° a 35° (caso em questão) é utilizado uma manta com Musgo e Sedum.

Tratam-se de espécies pré-cultivadas em tapetes, com uma manta de lã de basalto na parte inferior, feltro, e tela micro-perfurada agregada a uma rede de fibras de polietileno.

A aplicação é feita diretamente sobre a cobertura existente. Após terminada a colocação dos tapetes é feita a fertilização utilizando um fertilizante de ação prolongada - 'Plantacote Plus 12M' a 100 gr/m². Sobre os tapetes deverá ser espalhado, seixos 16/32 mm numa densidade de 20 kg/m². Para a rega a empresa aconselha o seu sistema 'Netafim', cuja tubagem é instalada sobre o XEROFLOR ou poderão ser colocados microjets a partir da tubagem instalada diretamente sobre a cobertura.



Figura 6 - Exemplo de um Telhado Verde com sistema semelhante. Projeto *Sherway Gardens Shopping Centre Expansion*, Toronto, Canadá

1.1.1.1. Custos e Orçamento

Está apresentado no Anexo B, o orçamento apresentado apenas do produto em questão para a área em questão, aproximadamente 740 m². Esta dimensão não contempla os espaços das saídas de ar e fenestrações da zona do telhado, por tanto, o valor desta aquisição poderá ser menor que o apresentado. A nível de instalação, o preço apresentado foi de 5,5 euros/m². O

total de custo deste projeto rondará pelos 41.000 euros (36.970,40 euros + 4.070,00 euros da instalação)

A característica mais vantajosa desta proposta é o facto de não ter um plano de manutenção. O sistema de rega, o facto das espécies utilizadas serem resistentes a qualquer tipo de clima extremo e o não terem uma altura máxima muito elevada por serem vegetação rasteira, permitem que as únicas intervenções que sejam necessárias ocorram devido a intempéries demasiado extremas e/ou acidentes, sendo estas de probabilidade muito reduzida. No entanto, recomenda-se uma manutenção anual com o objetivo manter a total perfeição de toda a forma do telhado verde.

1.1.2. Efeitos da sua Implementação

A um nível energético, está provado que superfícies verdes são capazes de defletir a radiação solar e reduzir a carga térmica na superfície do telhado e na própria estrutura do edifício, assim, torna-se possível o uso de menos energia para os sistemas de ar condicionado do edifício. Outro fator de importante decisão no uso desta técnica, especialmente devido ao edifício em questão, é a nível de isolamento acústico. Comprovado e indicado pela própria Terracell, o telhado verde torna-se uma boa aquisição ao nível acústico para um edifício construído para a música.

A adição do telhado verde, juntamente com a vegetação da Rotunda da Boavista podem permitir uma melhoria da qualidade do ar e sensação térmica nas zonas circundantes. [43] Os Telhados Verdes são também capazes de estender o tempo de vida dos telhados. O facto de impedir radiações UV e reduzir a flutuação de temperatura na superfície do mesmo, adiciona mais anos de vida à estrutura [43].

1.2. Proposta Ativa - Sistema Fotovoltaico

As imediações do edifício, com a sua grande abertura solar e área de pouco sombreamento, torna este local adequado para a instalação de aproveitamento solar. A zona referida é uma zona em que a incidência durante todo o ano apenas é impedida nos primeiros e últimos raios de sol do dia devido ao edifício da EDP e à vegetação presente na Rotunda da Boavista. Esta grande exposição solar compensará o facto dos painéis do sistema serem montados na horizontal, sem angulo de inclinação, para evitar impedimentos na circulação por essa zona.

O primeiro objetivo seria efetuar um corte no mármore com as dimensões de cada painel, tornando assim possível a inserção deste no chão evitando qualquer tipo de perturbação na parte frontal do edifício. No entanto, devido ao grande custo do mármore travertino contido no piso exterior, um dos mais caros do mercado, esta solução foi posta de parte. A solução acaba por ser uma proteção envidraçada sem reflexão que permite a passagem de quase 100% da luz solar e que evita grandes pressões sobre os painéis que possam levar à sua quebra.

Algumas características que o planeamento deste sistema se baseia são apresentados de seguida:

- O sistema não deve impedir a circulação dos visitantes e pessoas que passam pelas imediações do edifício pelo que deve ser implementado diretamente no piso e na horizontal
- Para evitar gastos maiores em equipamentos, para esta fase inicial, o mesmo deve conseguir no máximo atender à demanda média diária mais baixa dos registos confidenciais de

energia dos últimos 10 anos. Assim é assegurado que a sua produção será toda utilizada pelo edifício.

Com o objetivo de mostrar ao público os esforços da fundação e da Casa da Música perante esta preocupação crescente de ecologia e sustentabilidade, a ideia será passar por tornar o sistema fotovoltaico como um género de expositor ao público acerca da produção renovável. Por outras palavras, uma forma de chamada de atenção dos benefícios no uso de autogeração sustentável nas suas residências e áreas de trabalho.

Um contador que mostra às pessoas o custo do sistema e o quanto esse sistema já “rendeu” é uma forma de monitorização e exposição da produção fotovoltaica no local que permite às pessoas que fazem da casa da música o seu trajeto do dia-a-dia, acompanhar o desenvolvimento de um sistema que é capaz de se pagar a si mesmo e se tornar apenas lucro. Desta forma, será possível comprovar a milhares de pessoas, que por ali circulam todos os dias, factualmente as vantagens que este tipo de tecnologia pode trazer, isto quer para um edifício de grandes dimensões como a Casa da Música, quer para uma residência de uma família de 3 pessoas.

A Figura 39 é uma fotografia manipulada por Photoshop de como o sistema poderia ficar com um sistema fotovoltaico.

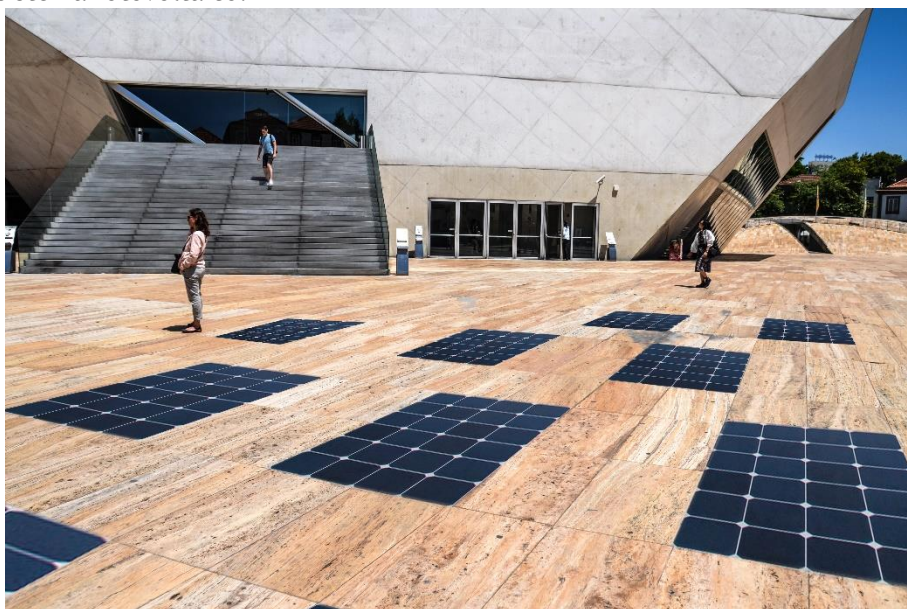


Figura 7 - Aspeto visual possível da distribuição dos painéis

1.2.1. Análise Técnica

Para o dimensionamento deste sistema é necessário primeiro fazer uma análise técnica dos requisitos mínimos energéticos que este exige.

Foi decido que a melhor forma, numa fase inicial de um projeto fotovoltaico deste género, seria propor um sistema capaz de assistir no mínimo à média diária correspondente ao período com menor consumo energético do edifício nos últimos anos. Assim, a sua produção total será garantidamente utilizada pelo edifício.

Através dos registos energéticos, obteve-se um valor médio de 529,903 kWh/dia referente ao mês de agosto de 2015, no período de ponta que em horário de Verão representa segundo a Tabela 5, o horário das 09:15 às 12:15.

O preço diário para hora de Ponta, numa rede MT, é anualmente em média 0,1397 euros/kWh [44].

1.2.2. Planeamento

Será apresentado uma estimativa de quantidade monetária (gastos e poupanças) e energética máxima possível para a totalidade da área, 480m², apresentada na figura a seguir.

É necessário ter em consideração alguns aspetos importantes no que diz respeito às ligações à rede do edifício e uso de cablagem. A solução seria utilizar a abertura apresentada do lado direito da área assinalada na figura para acesso ao parque de estacionamento subterrâneo da Casa da Música onde serão implementados todos os equipamentos de proteção mais inversores e ligação à divisão onde se encontra o PT, fachada este do edifício, piso -3.

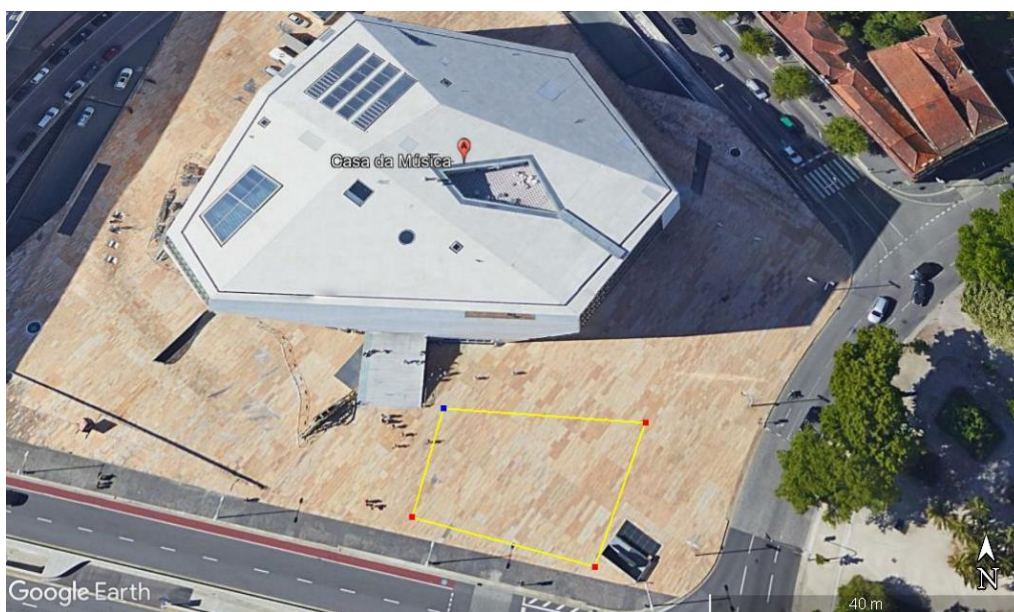


Figura 8 - Vista aérea da Casa da Música com representação em amarelo da área proposta a implementar o Sistema Fotovoltaico

Para uma fase inicial deste projeto e com o objetivo de não ser necessário grande investimento financeiro, a possibilidade de usar a tecnologia de película fina, é posta de parte. A sua espessura reduzida não é compensatória com o facto de ter uma eficiência mais baixa que os restantes exemplos comuns do mercado. O que traria a necessidade de recorrer a uma maior quantidade destes painéis e, logo, a um maior gasto para a obtenção do mesmo.

Resta a escolha entre os painéis policristalinos e monocristalinos. Existem evidenciais medições de laboratório que os painéis monocristalinos têm uma eficiência e tolerância a altas temperaturas consideravelmente maiores em comparação com os policristalinos. No entanto, na prática, muitas das vezes esta diferença é relatada como sendo reduzida, tanto que a maioria dos fabricantes tendem a ter uma maior percentagem de produção deste género de painéis e o facto de os painéis policristalinos serem consideravelmente mais baratos faz com que a decisão deva ser tomada a favor destes. [45]

1.2.3. Cálculo e escolha dos instrumentos a utilizar

1.2.3.1. Paineis Fotovoltaicos

Através do site de vendas de soluções energéticas CCBS-Energia, a escolha foi para o Painel Fotovoltaico policristalino de 270Wp [46][47].

Com o total de 1,6335 m² de ocupação por cada painel, o total de painéis possíveis de implementar no sistema com 480m² de espaço será cerca de 293. Isto significa que teremos uma Potência Instalada máxima de cerca de 79 110 W. Não esquecer que com potências instaladas acima dos 5kWp estamos a lidar com ligações trifásicas.

1.2.3.2. Inversor

Há duas soluções na escolha do inversor. Ou se utiliza um Inversor central que comporta toda a produção e fornecimento à rede, ou recorre-se a uma configuração de fileira de módulos. Esta segunda opção tem sido a mais utilizada pois permite uma melhor adaptação da potência às condições de irradiação solar (já explicado anteriormente).

Devido a haver inversores para vários níveis de potência, é utilizado uma razão entre as potências do gerador fotovoltaico e do inversor de 1:1. Qualquer eventual desvio deve ser considerado com base nesta razão. Sendo esta definida para o seguinte intervalo de potência:

$$0,7 \times P_{FV} < P_{max}^{INV} < 1,2 \times P_{FV}$$

P_{FV} - Potência máxima (nominal) do gerador fotovoltaico

P_{max}^{INV} - Potência DC máxima (nominal) da soma dos inversores

Como tal, para uma Potência instalada de 79 110W este intervalo será entre,

$$55\,377W < P_{max}^{INV} < 94\,932W$$

Como iremos usar vários inversores para este sistema e este deve ser trifásico, dentro das opções existentes no mercado foi escolhida a marca SMA com os seus inversores ‘Sunny Tripower’. Devido a termos um total aproximado de potencia instalada de 80 000W, serão utilizados 4 Sunny Tripowers 20000TL [48].

Para sabermos se a quantidade de Inversores necessários para o sistema está correta e é a necessária para que este funcione sem problemas, deve-se verificar tanto o valor máximo como o valor mínimo de número de painéis por filas e o número de filas em paralelo máximas por inversor.

O número máximo de módulos que é possível ligar em série, N_s , é determinado através da Tensão máxima DC do inversor e a Tensão máxima que o painel atinge a uma temperatura de -10°C e é obtido através da seguinte equação:

$$N_s < \frac{V_{max}^{INV}}{V_{ca(painel\ a-10^{\circ}C)}}$$

Sendo que, segundo as fichas técnicas quer dos painéis a utilizar quer do Inversor,

$$V_{max}^{INV} = 1000V$$

$$V_{ca(painel\ a-10^{\circ}C)} = 38,3V$$

Como tal, cada fileira para cada inversor terá no máximo 26 painéis por fileira.

O número mínimo de painéis ligados em serie é determinado para a situação correspondente a um valor de temperatura máxima de 70°C. Apesar de os mesmos poderem atingir um valor superior a este no Verão, é um valor estimado no pressuposto de que o sistema se encontra equipado com um sistema de ventilação. O aumento de temperatura provoca uma descida do valor de tensão. Assim, com estas condições, pretende-se garantir que a tensão instalada nos módulos não seja inferior à tensão mínima do inversor.

$$N_s < \frac{V_{min}^{INV}}{V_{max(painel\ a\ 70^{\circ}C)}}$$

Sendo que, segundo as fichas técnicas quer dos painéis a utilizar quer do Inversor,

$$V_{min}^{INV} = 150V$$

$$V_{max(painel\ a\ 70^{\circ}C)} = 27,645V$$

O que dá o equivalente a 6 painéis no mínimo por inversor.

Por fim, calcula-se o número máximo de filas em paralelo possíveis por inversor através do quociente entre a corrente máxima de entrada para o inversor e a corrente máxima de cada módulo.

$$N_p = \frac{I_{FV}}{I_{max}}$$

$$I_{FV} = 33A$$

$$I_{max} = 8,72A$$

O que dá o equivalente a 3 filas em paralelo por inversor

Apesar de termos um limite calculado de 26 painéis por cada uma das 3 filas (78 no total), em paralelo para cada inversor, não se deve deixar de parte o máximo valor de potência de saída do inversor. Primeiro para que o mesmo não seja sobrecarregado e segundo para que não haja perda de energia. Portanto, com um máximo de potência de 20 000W e os painéis escolhidos sendo de 270Wp, o máximo seguro de painéis por inversor será de 74 painéis.

Com o total planeado de 293 painéis, isto equivale a um mínimo necessário de 4 inversores com 3 filas em paralelo ligadas a cada um, das quais 2 filas com 25 painéis cada e 1 com 24, sendo que um dos inversores apenas terá 71 painéis ligados, duas filas com 25 painéis e uma com 21. Perfazendo assim, 74 painéis para 3 inversores e 71 para um, os 293 painéis planeados.

1.2.4. Estimativa de custos para o Sistema Fotovoltaico (sem cablagem)

Tabela 3 – Cálculo de custos

	Quantidade	Preço p/unidade (euros + IVA)	Total (euros + IVA)
Painel Fotovoltaico 270Wp	293	180,63 [46]	52.924,59
Inversor Sunny 20000TL	4	2.411,68 [49]	9.646,72
		Total	62.571,31

1.2.5. Simulação da produção energética e o seu possível retorno

Através do uso do programa de simulação fotovoltaica ‘Photovoltaic Geographical Information System’ [50], foi possível obter uma simulação para ser dada uma das ideias da quantidade mensal de energia produzida. Assim, é possível calcular o tempo necessário para se obter o retorno quer dos custos do sistema, quer da implementação da Proposta 1.

Novamente, é necessário salientar que isto são apenas simulações e cálculos para projetar uma ideia dos benefícios que a implementação de técnicas relacionadas com o conceito NZEB podem proporcionar ao próprio edifício.

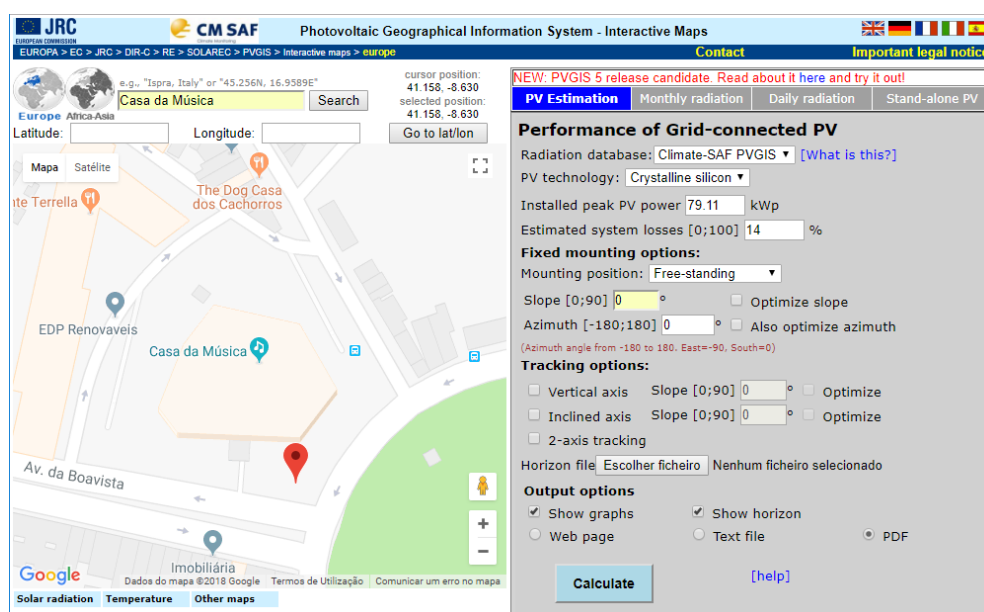


Figura 9 - Interface do Software utilizado para simulação

Os resultados obtidos da simulação são apresentados no Anexo 1.

Embora o total obtido foi 101 000 kWh/ano, seja equivalente a 271,504 kWh/dia, metade do objetivo pretendido, este valor é considerado satisfatório. Do cálculo do valor médio da tarifa anual para MT referida anteriormente, resulta uma poupança total anual que rondará os 14.109,7 euros/ano.

Sabendo que o gasto total das duas propostas será aproximadamente 62 571,31 euros, a possibilidade de retorno poderá ocorrer em 5 anos.

1.3. Conclusões e Considerações Finais

Portugal encontra-se numa fase em ascensão no que diz respeito às questões de sustentabilidade e consciencialização ambiental. Tem conseguido afirmar-se como uma das principais referências europeias no crescimento sustentável, conciliando competitividade com sustentabilidade. Um bom exemplo desta afirmação foi a capacidade de produção elétrica 100% renovável durante março inteiro deste ano. Um feito que, continuando a cumprir os objetivos a que se comprometeu, se tornará algo comum. Nesta perspetiva, edifícios como a Casa da Música têm um grande potencial para implementação das mais variadas técnicas que constituem o conceito NZEB. No entanto, é o respeito pelo seu valor patrimonial enquanto se descobre novas maneiras de o manter na vanguarda do avanço da nossa sociedade que fazem de si o novo desafio dos NZEBs. São edifícios de cariz importante para o país que podem e devem acompanhar esta era de mudança e tornar-se num exemplo impulsionador. São pequenas adições como as propostas desta dissertação que podem dar o arranque de partida para uma maior consciencialização e entrada para as novidades que a próxima década promete trazer.

Os NZEBs já não são o nosso futuro mas sim o nosso presente e este trabalho pretende mostrar que a aplicação deste conceito exige mudanças complexas. Não só a nível da construção, mas ao nível de todos os setores da nossa sociedade a mudança faz-se traçando pequenos objetivos para que seja possível concretizar-se outros ainda maiores.

Para esses pequenos objetivos cada técnica aqui proposta aproxima aos poucos a Casa da Música ao conceito NZEB e os crescentes apoios financeiros a nível europeu e nacional juntamente com o crescente orçamento disponível, permitem o desenvolvimento e apoio de projetos deste género.

É um caminho longo e cuidadoso e é importante entender que por mais difícil que o seja, é necessário aderir à mudança e fazer o nosso papel para um mundo e uma economia mais sustentável.

A descida acentuada, nos últimos anos, dos custos para a implementação de um Sistema Fotovoltaico comprova as possibilidades que sistemas como os Telhados Verdes, a Biomassa, e muitos outros, podem vir a ter à medida que novas descobertas e inovações vão aparecendo no mercado. Hoje um telhado verde e produção fotovoltaica, amanhã um sistema renovado de AVACs à base de biomassa e aproveitamento de resíduos.

“O primeiro passo é estabelecer que algo é possível; depois a probabilidade fará com que aconteça” - Elon Musk

Referências

- [1] DIRECTIVA 2010/31/UE DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO de 19 de maio de 2010 relativa ao desempenho energético dos edifícios (reformulação)
- [2] P. Santos, “O novo desafio dos NZEBs (Nearly Zero Energy Buildings)”, M.S. thesis, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2015
- [3] <http://portaldaenergia.com/combustiveis-fosseis-guia-basico/>
- [4] EUCO 169/14
- [5] <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency>
- [6] Avaliação de impacto da alteração da Diretiva Eficiência Energética, SWD(2016) 405
- [7] Resultados subjacentes da avaliação de impacto da alteração da Diretiva Eficiência Energética, SWD(2016) 405
- [8] COMUNICAÇÃO DA COMISSÃO AO PARLAMENTO EUROPEU, AO CONSELHO, AO COMITÉ ECONÓMICO E SOCIAL EUROPEU, AO COMITÉ DAS REGIÕES E AO BANCO EUROPEU DE INVESTIMENTO - Energia limpa para todos os Europeus
- [9] IRENA (2016). *The Power to Change: Solar and Wind Cost Reduction Potential to 2025*
- [10] Baseado nos preços de importação e exportação de 2015, ESTAT
- [11] Modeling, Design, and Optimization of Net-Zero Energy Buildings
- [12]]Solution Sets and Net Zero Energy Buildings: A review of 30 Net ZEBs case studies Worldwide
- [13] <http://www.nzeb.in/knowledge-centre/passive-design/>
- [14] Materiais de Mudança de Fase (PCM) para Melhoria do Desempenho Térmico de Edifícios - Tese Final de Bruno Filipe Moura Martins
- [15] <http://www.nzeb.in/knowledge-centre/hvac-2/>
- [16] <http://www.nzeb.in/knowledge-centre/lighting-2/leds/>
- [17] <http://www.lifetimesolar.com>
- [18] <http://www.nzeb.in/knowledge-centre/renewable-energy/>
- [19] Sociedade Portuguesa de Energia Solar e FER - Fórum das Energias Renováveis de Portugal
- [20] <https://news.energysage.com/thin-film-solar-panels-make-sense/>
- [21] <https://www.greenmatch.co.uk/blog/2015/02/transparent-solar-panels>
- [22] <http://www.consilium.europa.eu/pt/policies/climate-change/timeline/>
- [23] Avaliação de impacto da alteração da Diretiva Eficiência Energética, SWD(2016) 405
- [24] COM(2016) 761
- [25]] Avaliação de impacto da alteração da Diretiva Desempenho Energético dos Edifícios, SWD(2016) 414
- [26] COM(2016) 773; C(2016) 7764, 7765, 7767, 7769, 7770 e 7772
- [27] Comunicado Anexo Acelerar o recurso a energias limpas
- [28] <https://www.eumayors.eu/en/>
- [29] <https://observador.pt/2018/04/03/producao-renovavel-foi-superior-ao-consumo-de-eletricidade-em-marco-e-inedito-em-40-anos/>
- [30] <https://observador.pt/2018/06/14/portugal-quer-metas-mais-ambiciosas-do-que-estabelecidas-pela-ue-sobre-renovaveis/>

- [31]Diário da República n.º 159/2013, Série I de 2013-08-20, Decreto-Lei n.º 118/2013.
[Online]. Available: <https://dre.pt/web/guest/pesquisa/-/search/499237/details/maximized>
- [32]PLMJ, “Novidades no sistema de certificação energética de edifícios”, PLMJ, Out. 2017.
[Online]. Available:
<https://www.plmj.com/xms/files/newsletters/2015/Dezembro/Novidades-no-Sistema-de-Certificacao-Energetica-de-Edificios-Direito-Energia.pdf>
- [33]<http://www.pnaee.pt/pnaee>
- [34]<http://www.pnaee.pt/fee>
- [35]<http://www.pnaee.pt/aviso-fee/aviso-25>
- [36]<http://www.erse.pt/pt/planodepromocaodaeficienciaconsumoppec/ppec17-18/Paginas/default.aspx>
- [37]<https://www.apambiente.pt/index.php?ref=17&subref=162&sub2ref=306>
- [38]<http://www.pnaee.pt/outraslicacoes#portugal2020>
- [39]https://www.rtp.pt/noticias/cultura/new-york-times-destaca-projecto-da-casa-da-musica-no-porto_n153424
- [40]https://www.tripadvisor.pt/Attraction_Review-g189180-d569828-Reviews-Casa_da_Musica-Porto_Porto_District_Northern_Portugal.html
- [41]<http://www.casadamusica.com/>
- [42]Informações dos arquivos da Casa da Música fornecidos pela Manvia
- [43]<https://xeroflornorthamerica.com/green-roof-benefits>
- [44]<http://www.edpsu.pt/pt/tarifasehorarios/Pages/TarifaMT.aspx>
- [45]<https://www.solarreviews.com/blog/pros-and-cons-of-monocrystalline-vs-polycrystalline-solar-panels>
- [46]<https://www.ccbs-energia.pt/loja/paineis-fotovoltaticos/270-wp-s-energy-black-frame-info>
- [47]https://www.ccbs-energia.pt/images/pdf/paineis/SE-Datasheet_SN270.pdf
- [48]<http://files.sma.de/dl/24336/STP25000TL-30-DEN1742-V31web.pdf>
- [49]<https://www.solar-pur.com/collections/sma-wechselrichter/products/sma-sunny-tripower-stp-20000tl-30-solar-wechselrichter-mit-display?ls=pt>
- [50]re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php?lang=en&map=europe

ANEXO A - Brochura XEROFLOR

TERRACELL

Geotécnia e Estabilização de Solos

XEROFLOR



CARACTERÍSTICAS

• Pesos/Embalagens

Quando expedidos já germinados serão acondicionados em rolos de 1/2m² em contentores frigoríficos (5°) sendo as quantidades mínimas de 600m².

No caso de se pretender áreas inferiores será feita uma expedição normal, tendo no entanto os tapetes as sementes incorporadas, que após a rega no local germinarão cerca de 2 semanas depois.
Tapete - 35kg/m² Espessura - 7cm.

• Dimensões

XF 309 – Rolos de 1 ou 2m²
XF 301 – Rolos de 1 ou 2m²

COMPOSIÇÃO

• Musgos

Ceratodon purpureus
Campothecium sericeum
Syntrichia ruralis
Schistidium apocarpum
Barbula convoluta
Brachythecium rutabulum
Bryum argenteum
Hypnum cypressiforme
Allium schoenoprasum

• Sedum

Sexangulare
Acre
Album
Reflexum
Pulcellum
Spurium in storts
Poa compressa

APLICAÇÃO

• Para coberturas com uma inclinação de 0 a 2°, deverá ser utilizado a ref. XF 309 - Manta de Basalto com vegetação. Para inclinações de 2 a 35° deve aplicar-se a XF 301 - Manta com Moss e Sedum.

• Trata-se de espécies pré-cultivadas em tapetes, com uma manta de lã de basalto na parte inferior, de feltro, e tela micro-perfurada agregada a uma rede de fibras de polietileno.

• A aplicação será feita directamente sobre a cobertura existente. Após terminada a colocação dos tapetes, levará uma fertilização de acção prolongada 12M.

• Sobre os tapetes deverá ser espalhado, seixo 16/32 mm, numa densidade de 20 kg/m².

• A rega poderá ser assegurada com sistema gota-a-gota ou através de microjets.



TERRACELL | Geotécnia e Estabilização de Solos

Terracell J.T.S. Lda. | Cont. N.º 509 913 694 - Cap. Social 25.000 € - Mat. Cons. Reg. Com. Lisboa sob o nº7208-01 | Alvará de Construção N.º 53910

Praga da Dama, 4 - 1400-085 Lisboa PORTUGAL | Tel: +351 21 301 54 94 - +351 21 302 14 31 - Fax: +351 21 304 03 45 | E-mail: info@terrancell.com.pt

www.terrancell.com.pt

ANEXO B - Orçamento XEROFLOR

TERRACELL
Geotecnia e Estabilização de Solos

Exmo.(s) Sr.(s)
FEUP

ESTE DOCUMENTO NÃO SERVE DE FACTURA

Original		Pág.	Condição de Pagamento	Meio Pag	Data Doc.	Valido até
		1 / 1	A acordar		21/06/2018	21/07/2018
Nº de Contribuinte	Cliente Nº	Desc.	Desc. Fin.	Moeda	Câmbio	Orçamento
CONSUMIDOR FINAL		0,00	0,00	EUR	1,000000	18/00752

REF:0618-PORTO- Cobertura Alardinada Casa da Musica

Descrição	Qtd.	Un.	Pr. Unit.	%Desc.	Des.Val.	V. Líquido	%Impostos
Sistema XEROFLOR C/ Moss e Sedum	740,000	m2	40,960	0,00	36 970,40	23,00	

Emitido por programa certificado nº 0101/AT

Obs.:

Meio de Expedição:

Local de Carga:

Local de Descarga:

Resumo de Impostos

Descrição	Taxa	Incidência	Imposto	Retenção
IVA	23,00	36 970,40	8 503,19	

Mercadoria:	36 970,40
Descontos:	0,00
Outros:	0,00
Acertos:	0,00
Sub. Total:	36 970,40
Impostos:	8 503,19

Total do Documento:	45 473,59
Retenções:	0,00
Total a Pagar:	45 473,59

TERRACELL | Geotecnia e Estabilização de Solos

Terracell J.T.S. Lda. | NIPC: 503 913 634

Cap. Social: 25 000 € | CRC Lisboa nº 7208-01 | Alvara de construção nº 53910

CAE Principal: 42110-R3 | CAE Secundário: 93294-R3

Sede Fiscal: EN 114 km 100,7 S. José da Lameira 2100-407 Coruche

Sede Administrativa: Praça de Damão nº 4, 1400-085 Lisboa

T: +351 213 015 494 | F: +351 213 040 345 | info@terrancell.pt

www.terrancell.pt

IMP.CO.38.01

Documento emitido pelo Software eScadata

Performance of Grid-connected PV

PVGIS estimates of solar electricity generation

Location: 41°9'30" North, 8°37'49" West, Elevation: 88 m a.s.l.,

Solar radiation database used: PVGIS-CMSAF

Nominal power of the PV system: 79.1 kW (crystalline silicon)

Estimated losses due to temperature and low irradiance: 9.4% (using local ambient temperature)

Estimated loss due to angular reflectance effects: 3.9%

Other losses (cables, inverter etc.): 14.0%

Combined PV system losses: 25.1%

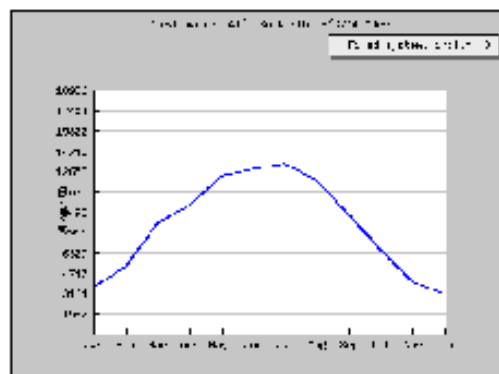
Fixed system: Inclination=0 deg., orientation=0 deg.				
Month	Ed	Em	Hd	Hm
Jan	117.00	3620	1.95	60.6
Feb	186.00	5220	3.05	85.3
Mar	278.00	8630	4.59	142
Apr	334.00	10000	5.59	168
May	398.00	12300	6.73	209
Jun	428.00	12800	7.34	220
Jul	427.00	13200	7.35	228
Aug	384.00	11900	6.62	205
Sep	309.00	9260	5.27	158
Oct	210.00	6510	3.54	110
Nov	135.00	4040	2.26	67.7
Dec	102.00	3150	1.73	53.6
Year	276.00	8400	4.68	142
Total for year		101000		1710

Ed: Average daily electricity production from the given system (kWh)

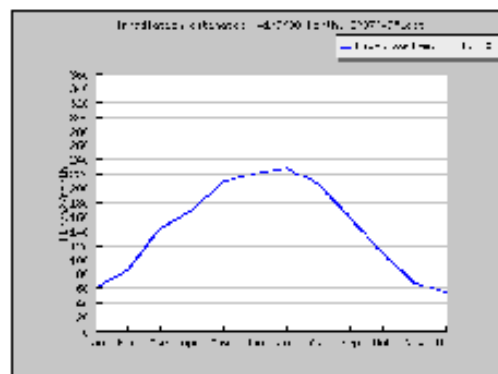
Em: Average monthly electricity production from the given system (kWh)

Hd: Average daily sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m²)

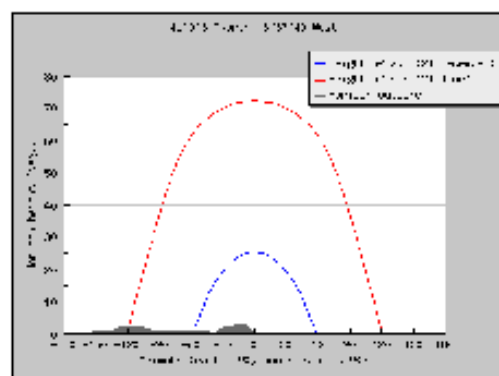
Hm: Average sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m²)



Monthly energy output from fixed-angle PV system



Monthly in-plane irradiation for fixed angle



Outline of horizon with sun path for winter and summer solstice

PVGIS (c) European Communities, 2001-2012

Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged.

<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>

Disclaimer:

The European Commission maintains this website to enhance public access to information about its initiatives and European Union policies in general. However the Commission accepts no responsibility or liability whatsoever with regard to the information on this site.

This information is:

- of a general nature only and is not intended to address the specific circumstances of any particular individual or entity;
- not necessarily comprehensive, complete, accurate or up to date;
- not professional or legal advice (if you need specific advice, you should always consult a suitably qualified professional).

Some data or information on this site may have been created or structured in files or formats that are not error-free and we cannot guarantee that our service will not be interrupted or otherwise affected by such problems. The Commission accepts no responsibility with regard to such problems incurred as a result of using this site or any linked external sites.